



---

# Bachelorarbeit

---

Herr  
**Ludwig Diener**

**Untersuchung der Möglichkeiten zur  
Errichtung eines vierten  
Linearbeschleunigers in der Klinik für  
Strahlentherapie und Radioonkologie unter  
Beachtung der baulichen, betrieblichen und  
medizinischen Randbedingungen im  
laufenden Betrieb des Universitätsklinikums  
Carl Gustav Carus Dresden**

1. November 2012

## **Bachelorarbeit**

---

**Untersuchung der Möglichkeiten zur  
Errichtung eines vierten  
Linearbeschleunigers in der Klinik für  
Strahlentherapie und Radioonkologie unter  
Beachtung der baulichen, betrieblichen  
und medizinischen Randbedingungen im  
laufenden Betrieb des  
Universitätsklinikums Carl Gustav Carus  
Dresden**

Autor:

**Herr**

**Ludwig Diener**

Studiengang:

**Immobilien- und Facility Management**

Seminargruppe:

**FM09w2-B**

Erstprüfer:

**Prof. Dr.-Ing. Jörg Mehlig**

Zweitprüfer:

**Dipl.-Ing. (FH) Thomas Woldt**

Einreichung:

**Mittweida, 1. November 2012**

Verteidigung/ Bewertung:

**Mittweida, 14. November 2012**

Faculty engineering

---

## **Bachelor's Thesis**

---

**Study of the possibilities of  
constructing a fourth linear accelerator in  
the oncological clinic taking into account  
the constructional, operational and medical  
boundary conditions under operation in the  
“Universitätsklinikum Carl Gustav Carus  
Dresden”**

author:

**Mr.**

**Ludwig Diener**

course of studies:

**Real Estate and Facilities Management**

seminar group:

**FM 09 w2-B**

first examiner:

**Prof. Dr.-Ing. Jörg Mehlis**

second examiner:

**Dipl.-Ing. (FH) Thomas Woldt**

submission:

**Mittweida, 1. November 2012**

defence:

**Mittweida, 14. November 2012**

## **Bibliografische Beschreibung:**

Diener, Ludwig:

Untersuchung der Möglichkeiten zur Errichtung eines vierten Linearbeschleunigers in der Klinik für Strahlentherapie und Radioonkologie unter Beachtung der baulichen, betrieblichen und medizinischen Randbedingungen im laufenden Betrieb des Universitätsklinikums Carl Gustav Carus Dresden

November 2012 - 16 Seiten Verzeichnisse, 50 Seiten Inhalt, 4 Seiten Anhänge

Mittweida, Hochschule Mittweida, Fakultät Maschinenbau, Bachelorarbeit, 2012

## **Referat:**

In der Klinik und Poliklinik für Strahlentherapie im Universitätsklinikum Dresden soll eine Variantenuntersuchung zur Errichtung eines vierten Linearbeschleunigers durchgeführt werden. Darüber hinaus ist das Ziel der Arbeit, das Genehmigungsverfahren einer Strahlentherapiebaumaßnahme zu beschreiben. Die Klinik wird vorgestellt und die einzelnen Behandlungsmethoden der Krebsbehandlung, im Rahmen der Strahlentherapie werden beschrieben.

# Inhalt

Abbildungsverzeichnis.....	VII
Tabellenverzeichnis .....	VIII
Anlagenverzeichnis.....	IX
Abkürzungsverzeichnis.....	X
1. Ziel und Problemstellung der Arbeit.....	1
2. Allgemeine Informationen zu Krebs und Strahlentherapie.....	2
3. Klinik und Poliklinik für Strahlentherapie und Radioonkologie .....	4
4. Medizinischer Linearbeschleuniger .....	8
4.1 Funktionsweise eines medizinischen Linearbeschleunigers .....	8
4.2 Warum ist es notwendig, die Klinik und Poliklinik für Strahlentherapie und Radioonkologie mit einem 4. Linearbeschleuniger zu erweitern? .....	9
4.3 Untersuchung der Restnutzungsdauer der vorhandenen Geräte .....	15
5. Genehmigungsverfahren einer strahlentechnischen Baumaßnahme.....	16
5.1 Erlangung der Genehmigung aus städteplanerischer Sicht.....	16
5.2 Erlangung der Genehmigung aus bauordnungsrechtlicher Sicht .....	17
5.2.1 Gebäudeklassen .....	17
5.2.2 Krankenhausbauverordnung.....	19
5.2.3 Bundesimmissionsrichtlinie .....	20
5.2.4 Das Baugenehmigungsverfahren nach SächsBo .....	25
5.2.5 Baugenehmigungsunterlagen für die Durchführungsverordnung der Sächsischen Bauordnung.....	28
5.3 Erlangung der Genehmigung aus strahlenschutztechnischer Sicht .....	29
5.4 Umsetzung aus planerischer Sicht nach HOAI.....	39
6. Der neue Linearbeschleuniger .....	44

6.1 Untersuchung der räumlichen Möglichkeiten zur Einordnung des 4.	
Linearbeschleunigers.....	44
6.1.1 Möglichkeit 1 .....	46
6.1.2 Möglichkeit 2 .....	48
6.1.3 Möglichkeit 3 .....	49
Zusammenfassung.....	50
Quellenverzeichnis.....	51
Selbstständigkeitserklärung .....	55
Danksagung.....	56
Anhang.....	XI

## Abbildungsverzeichnis

Abbildung 1: Lageplan Klinikgelände .....	5
Abbildung 2: Aufbau eines Linearbeschleunigers .....	9
Abbildung 3: Installation Linearbeschleuniger Siemens „Artiste“, 2011 .....	11
Abbildung 4: Linearbeschleuniger Artiste 2012 .....	15
Abbildung 5: Flächennutzungsplan der Stadt Dresden .....	16
Abbildung 6: förmliches Genehmigungsverfahren nach BImSchG §10 .....	23
Abbildung 7: vereinfachtes Genehmigungsverfahren nach BImSchG §19 .....	24
Abbildung 8: Verantwortlichkeiten im Strahlenschutz .....	31
Abbildung 9: Darstellung der Strahlenschutzbereiche .....	37
Abbildung 10: Zutritt Kontrollbereich .....	38
Abbildung 11: Planung eines Bauwerks von der Idee bis zur Ausführung gemäß HOAI43	
Abbildung 12: Lageplan Bereich Schubertstraße / Händelallee .....	44
Abbildung 13: Ist- Stand Erdgeschoss .....	45
Abbildung 14: Variante 1 .....	46
Abbildung 15: Standort Händelallee mit Blick auf 1. Flügel rechts und Anbau .....	47
Abbildung 16: Variante 2 .....	48
Abbildung 17: Variante 3 .....	49
Abbildung 18: Blick von Haus 62 auf 1. und 2. Flügel links .....	49
Abbildung 19: Gebäudeklassen nach MBO .....	XI

## **Tabellenverzeichnis**

Tabelle 1: Austausches eines Linearbeschleunigers bei 3 Strahlenschutzbunkern .....	13
Tabelle 2: Austausch eines Linearbeschleunigers bei Bau des 4. Strahlenschutzbunkers	14
Tabelle 3: Einteilung der Gebäudeklassen.....	17
Tabelle 4: Ablauf des Baugenehmigungsverfahrens .....	27



## **Anhangverzeichnis**

Anhang 1: Darstellung der Gebäudeklassen .....	XI
Anhang 2: Größen und Einheiten im Strahlenschutz .....	XII
Anhang 3: Organisation des Strahlenschutzes im Universitätsklinikum Dresden .....	XIV

## Abkürzungsverzeichnis

BlmSchG	Bundes-Immissionsschutzgesetz
CT	Computertomograph
DIN	Deutsches Institut für Normung
HOAI	Honorarordnung für Architekten und Ingenieure
IMRT	Intensitätsmodulierte Strahlentherapie
KhBauVO	Krankenhausbauverordnung
KW	Kilowatt
MBO	Musterbauordnung
OGZ	Gemeinsames Zentrum für Strahlentherapie und Radioonkologie
OncoRay	Zentrum für Innovationskompetenz für Medizinische Strahlenforschung in der Onkologie
PET	Positronen-Emissions-Tomographie
StrlSchV	Strahlenschutzverordnung
Sv	Sievert
SächsBo	Sächsische Bauordnung

## **1. Ziel und Problemstellung der Arbeit**

In Rahmen der Bachelorarbeit untersuche ich die Möglichkeiten zur Errichtung eines 4. medizinischen Linearbeschleunigers und dessen dazugehörigem Strahlenbunker, unter Beachtung der baulichen, betrieblichen und medizinischen Randbedingungen im laufenden Betrieb der Klinik und Poliklinik für Strahlentherapie und Radioonkologie im Universitätsklinikum Dresden. Weiterhin werde ich den Ablauf eines Genehmigungsverfahrens für eine Strahlentherapiebaumaßnahme aus städteplanerischer, bauordnungsrechtlicher, strahlenschutztechnischer und planerischer Sicht beschreiben. Zum gegenwärtigen Zeitpunkt befinden sich in dem Klinikum drei Linearbeschleuniger der Firma Siemens. Die Linearbeschleuniger sind sukzessive in die Klinik eingebaut worden. Zur Errichtung eines Linearbeschleunigers gehört die Errichtung eines Strahlenschutz bunkers, damit Strahlenschutzbestimmungen eingehalten werden. Der letzte Linearbeschleuniger, ist im Jahre 2011 in Betrieb gegangen. Die Firma Siemens hat angekündigt aus der Herstellung von Linearbeschleunigern auszusteigen, garantiert die Wartung der im Betrieb befindlichen Geräte allerdings noch bis zum Jahr 2022. Diese Situation macht es erforderlich in Zukunft auf andere Hersteller umzusteigen und einen neuen Strahlenschutz bunker zu errichten, damit ein neues Gerät in die Klinik integriert werden kann. Bevor ich die Auswirkungen der Variantenuntersuchung auf den Klinikbetrieb beschreibe und meine Vorzugsvariante vorstelle, gebe ich Informationen über die Klinik, die Krebskrankheit und die Methoden der Behandlung im Rahmen der Strahlentherapie. Die Variantenuntersuchung für den neuen Linearbeschleuniger erfolgt in Zusammenarbeit und auf Grundlage der Machbarkeitsstudie der Firma Drees & Sommer Projektmanagement und bautechnische Beratung GmbH.

## **2. Allgemeine Informationen zu Krebs und Strahlentherapie**

Laut dem Robert Koch Institut in Berlin erkranken in Deutschland jedes Jahr 450.000 Menschen neu an Krebs. Das mittlere Erkrankungsalter liegt für Männer bei 69 Jahren und bei Frauen bei 68 Jahren. Auch in Sachsen erkranken immer mehr Menschen an Krebs. Dazu hat das Statistische Landesamt des Freistaates Sachsen im Jahr 2012 eine Studie veröffentlicht. Im Jahr 2011 wurden 306 Todesfälle pro 100.000 Einwohner registriert, 2010 waren es 298 und vor drei Jahren lag die Zahl noch bei 285. Die häufigste Krebsdiagnose ist bei Männern Prostatakrebs und Lungenkrebs, bei Frauen Brustkrebs. Die Gefahr an Krebs zu erkranken, wächst mit steigendem Alter. Der anhaltende demographische Wandel und die damit verbundene Alterung der Gesellschaft haben zur Folge, dass die Anzahl von Krebserkrankungen auch in Zukunft steigen wird, weil durch mehr Untersuchungen und bessere Technik auch mehr Tumore entdeckt werden. Im Freistaat Sachsen erlagen der Krankheit im Jahr 2011 fast 12.700 Menschen.<sup>1</sup>

Das Risiko an Krebs zu erkranken wird von vielen Faktoren beeinflusst, unter anderem Lebensstil, Ernährung, Tabakkonsum, Alkohol, Vererbung und Kontakt von Karzinogenen (Asbest, Benzol). Regelmäßige Vorsorgeuntersuchungen bei einem Arzt sind deshalb besonders wichtig, weil die Chance die Krebskrankheit zu besiegen am besten ist, je früher der Krebs entdeckt wird.<sup>2</sup> Beim Kampf gegen Krebs können drei unterschiedliche Behandlungsweisen zum Einsatz kommen: Eine Operation, eine Chemotherapie, die Strahlentherapie oder eine Kombination dieser Behandlungsmöglichkeiten. Viele Patienten haben große psychische Belastungen zu ertragen, wenn sie die Diagnose Krebs erhalten. Etwa 50% der Patienten werden im Laufe der Krebsbehandlung mit Hilfe der Strahlentherapie behandelt. Die Patienten haben Ängste und Vorurteile gegenüber der Strahlentherapie, weil es für viele nicht fassbar ist, dass die Strahlentherapie nützlich und lebensrettend sein soll, aber gleichzeitig gesundes Gewebe zerstört. Die Strahlentherapie ist jedoch eine effiziente Behandlung zur Vernichtung von Tumoren. Die Gefahr der Streuung von Metastasen, welche häufig das Ende der Krebskrankheit darstellen wird zusätzlich verringert. Das Verfahren der Strahlentherapie ist heutzutage Standard in der modernen

---

<sup>1</sup> Vgl. Statistisches Landesamt Sachsen, Medieninformation, 202/2012, 25.09.2012.

<sup>2</sup> Vgl. Beckmann, Die blauen Ratgeber, Ihr Krebsrisiko, 2011, S.5.

Krebsbehandlung, kann zeitlich und räumlich exakt gesteuert werden und die Nebenwirkungen sind in den vergangenen Jahren auf ein Minimum reduziert worden. Die Bestrahlung eines Patienten kann in unterschiedlichen Therapiephasen der Krebsbehandlung erfolgen. Es kann vor einer Operation stattfinden um einen Tumor zu verkleinern, nach einer Operation um das Rückfallrisiko zu verringern, statt einer Operation oder palliativ, wenn keine Heilung mehr möglich ist.<sup>3</sup>

---

<sup>3</sup> Vgl. Deutsche Krebshilfe e.V., Die blaue DVD – Strahlentherapie, 2011.

### **3. Klinik und Poliklinik für Strahlentherapie und Radioonkologie**

„Krankenhäuser sind bauliche Anlagen mit Einrichtungen, in denen durch ärztliche und pflegerische Hilfeleistung, Krankheiten, Leiden oder Körperschäden festgestellt, geheilt oder gelindert werden sollen oder Geburtshilfe geleistet wird und in denen die zu versorgenden Personen untergebracht und gepflegt werden können. Eine Klinik ist dabei ein organisatorischer Teilbereich des Krankenhauses. Polikliniken sind bauliche Anlagen oder Teile baulicher Anlagen, in denen Kranke untersucht und behandelt, nicht jedoch untergebracht, gepflegt oder gepflegt werden.“<sup>4</sup>

Die ersten Behandlungen der Strahlentherapie mit Hochvolttherapiegeräten gab es in Dresden bereits im Jahr 1954. Die genaue Bezeichnung der jetzigen Strahlenklinik ist Klinik und Poliklinik für Strahlentherapie und Radioonkologie. Sie befindet sich auf dem Gelände des Universitätsklinikums Carl Gustav Carus Dresden im östlichsten Teil des Klinikcampus zwischen Schubertstraße und Händelallee und existiert dort bereits seit 1968. Seitdem hat sich der Klinikkomplex stetig entwickelt.<sup>5</sup> Seit der Wiedervereinigung Deutschlands bestehen Anforderungen an den verschärften Strahlenschutz auch in Ostdeutschland, so dass erhebliche Baumaßnahmen mit Einbau und Inbetriebnahme neuer Bestrahlungsgeräte notwendig waren. Es wurden neue Strahlenschutz bunker errichtet und die angrenzenden Räumlichkeiten nach Strahlenschutzstandard modernisiert. Im Jahr 2001 ist das dringend benötigte Bettenhaus mit 28 Betten in Ein- und Zweibettzimmern fertig gestellt worden, sodass Wartezeiten und innerbetriebliche Krankentransporte für stationäre Patienten seitdem entfallen. Mit Inbetriebnahme des OGZ (OncoRay – Gemeinsames Zentrum für Strahlentherapie und Radioonkologie) im Jahr 2014 wird die allmähliche Modernisierung und Erweiterung der Gebäudestruktur ihren bisherigen Höhepunkt erreicht haben.<sup>6</sup> Die Klinik und Poliklinik für Strahlentherapie und Radioonkologie ist das größte Zentrum der radioonkologischen Versorgung im gesamten ostsächsischen Gebiet mit jährlich 1800 Patientenzuweisungen im Jahr, davon 450 stationär. Das Klinikpersonal setzt sich zusammen aus 15 Ärztinnen und Ärzten, 7 Physikern, 15 medizinisch-technischen Radiologie Assistentinnen, 22 Schwestern und 8

---

<sup>4</sup> Krankenhausbaurichtlinie, 1976.

<sup>5</sup> Vgl. Auto unbekannt, Akademie Echo der medizinischen Akademie Dresden, 1968.

<sup>6</sup> Vgl. Saeger, Schriften der Medizinischen Fakultät Carl Gustav Carus, 2003.

Arzthelferinnen sowie weitere 28 Mitarbeiter anderer Berufsgruppen. Die Abbildung zeigt den Klinikcampus des Universitätsklinikums Dresden.

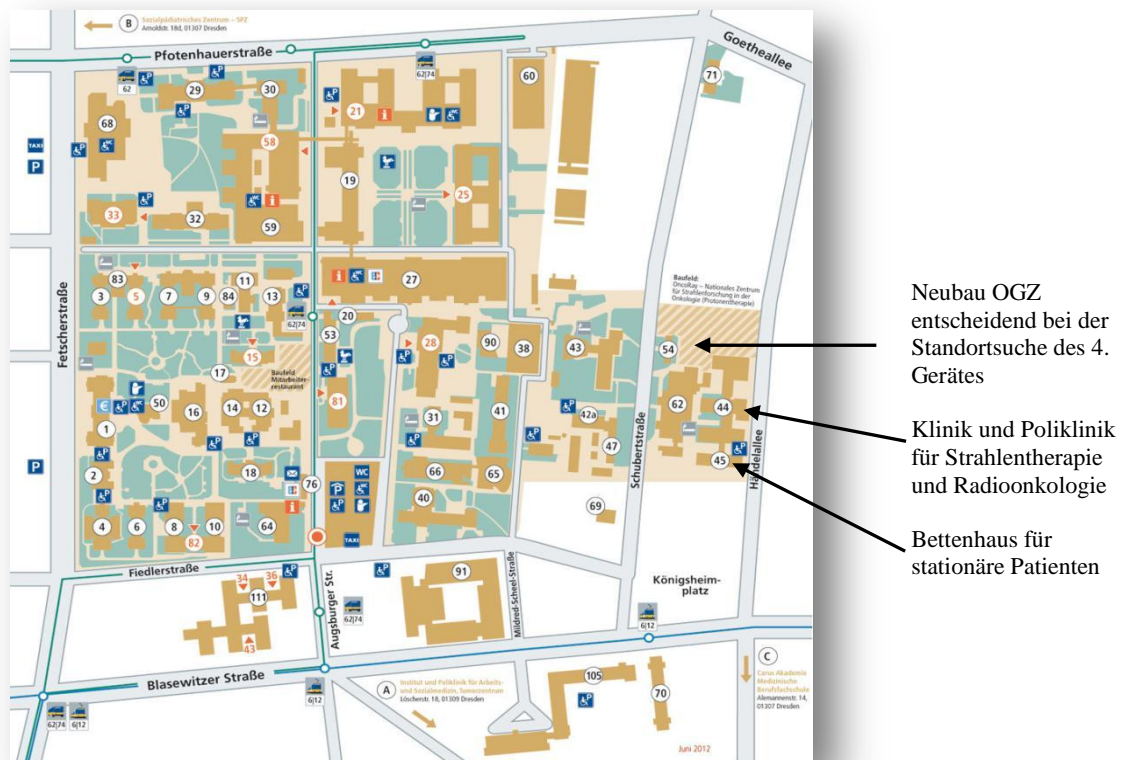


Abbildung 1: Lageplan Klinikgelände<sup>7</sup>

Die Klinik verfügt über sämtliche Behandlungsmöglichkeiten der modernen Strahlentherapie auf höchstem medizinischem und technologischem Niveau. Eine solch hoch moderne Ausrüstung erlaubt optimale Therapiekonzepte und Bestrahlungstechniken. Das Klinikpersonal kann auf mehrere Geräte zurückgreifen:<sup>8</sup>

- „drei moderne Linearbeschleuniger der Firma Siemens, von denen zwei mit Computertomographen und zwei mit Röntgen-Durchleuchtungsgeräten ausgestattet sind
- ein Brachytherapiegerät mit Computertomograph (CT) und Röntgen-Durchleuchtung zur exakten Einstellung
- ein Positronen-Emissions-Tomograph (PET-CT) zur Bestrahlungsplanung

<sup>7</sup> <http://www.uniklinikum-dresden.de/das-klinikum/so-finden-sie-uns/lageplan>

<sup>8</sup> Vgl. Baumann, Patienteninformation, Universitätsklinikum Dresden, 2012, S. 1ff.

- ein CT und ein Simulator zur Bestimmung der Lage des Tumors
- ein Röntgentiefentherapiegerät
- Planungssysteme zur computergestützten Bestrahlungsplanung<sup>9</sup>

Durch den Einsatz dieser Geräte ist die Klinik für Strahlentherapie in der Lage, spezielle Therapieformen und Bestrahlungstechniken für den Patienten anzubieten:

- ***3-D konformale Strahlentherapie***

Die Strahlen treffen aus unterschiedlichen Richtungen auf den Tumor ein und das gesunde Gewebe wird ideal geschützt.

- ***Stereotaktische Strahlentherapie***

Konzentration einer sehr hohen Strahlendosis auf ein sehr kleines Gebiet. Diese Therapieform findet z.B. bei komplizierten Hirntumoren Einsatz.

- ***intensitätsmodulierte Strahlentherapie (IMRT)***

Die Fluenz der Strahlung und die Form des Bestrahlungsfeldes (bei meist gleicher Einstrahlrichtung) können während der Behandlung verändert werden, so dass kompliziert geformte oder in unmittelbarer Nachbarschaft zu sensiblen Organen befindliche Tumore behandelt werden können.

- ***bildgestützte Strahlentherapie (IGRT)***

Die Organe und damit auch die Tumore bewegen sich im Körper, z.B. durch die Atmung. Während der Strahlentherapie können mit dieser Therapieform präzise bildbasierte Kontrollen und Strahlanpassungen erfolgen, wobei die Bildgebung mit Röntgenaufnahmen oder CT erfolgen kann.

---

<sup>9</sup> Baumann, Patienteninformation, Universitätsklinikum Dresden, 2012, S. 2.



- ***Brachytherapie***

Bei der Brachytherapie wird dem Patienten mittels einer Sonde eine Strahlenquelle in ein hohles Organ eingeführt, um dort Strahlung abzugeben und in dem Gebiet eine maximale Strahlendosis zu erzielen. Es trifft kein Strahl auf die Haut des Patienten.

- ***Radiochemotherapie***

Radiochemotherapie ist die Kombination von Strahlentherapie und Chemotherapie, um die Chance auf Heilung des Patienten zu optimieren.

Als Wissenschaftsstandort trägt die Klinik dazu bei die Krebsbehandlung permanent zu verbessern. 40 Wissenschaftler arbeiten an Fragestellungen zu Krebsentstehung und Krebswachstum, innovativen bildgebenden Diagnosemöglichkeiten, biologischen Medikamenten und besseren technischen Voraussetzungen zur individuellen Bestrahlung von Tumoren und Metastasen. Mit der Gründung des Zentrums für Innovationskompetenz für Medizinische Strahlenforschung in der Onkologie (OncoRay) vor fünf Jahren, bestehen in Dresden exzellente Möglichkeiten für eine Optimierung der Strahlentherapie. Das hohe Niveau der Dresdner Tumorforschung wurde auch durch zahlreiche Wissenschaftspreise gewürdigt. Seit 2011 ist die Dresdner Krebsforschung ein deutsches Spitzenzentrum der Gesundheitsforschung, ausgezeichnet durch das Bundesministerium für Bildung und Forschung.<sup>10</sup>

---

<sup>10</sup> Vgl. Baumann, Patienteninformation, Universitätsklinikum Dresden, 2012, S. 10ff.

## **4. Medizinischer Linearbeschleuniger**

### **4.1 Funktionsweise eines medizinischen Linearbeschleunigers**

Der medizinische Linearbeschleuniger (Abb. 2, Abb. 4) ist das wichtigste und am häufigsten eingesetzte Gerät in der Strahlentherapie. Der Linearbeschleuniger generiert Elektronen, die durch einen Injektor in eine evakuierte Beschleunigerstrecke geschossen und durch wechselnde hochfrequente elektrische Potenziale auf Lichtgeschwindigkeit beschleunigt werden. Am Ende der Beschleunigungsstrecke wird der Elektronenstrahl durch einen starken Elektromagneten abgelenkt und fokussiert auf ein wassergekühltes Wolframtarget geführt. In diesem Target werden die Elektronen komplett abgebremst und neben der unerwünschten Wärme entsteht die sogenannte Bremsstrahlung. Diese Bremsstrahlung besteht aus Photonen, die maximal die Beschleunigungsenergie der Elektronen aufweisen können. Die hochenergetischen Photonen mit Energien zwischen 4 und 20 Megavolt (MV) werden auch als ultraharte Röntgenstrahlung bezeichnet, welche verwandt ist mit der normalen, in der Röntgendiagnostik eingesetzten Röntgenstrahlung, hat aber eine hundertfach höhere Energie und damit eine deutlich höhere Durchdringungsfähigkeit für das Gewebe. Medizinische Linearbeschleuniger sind gekennzeichnet durch eine besondere Geometrie und Vielseitigkeit, die es ermöglicht, sowohl verschiedene Photonenenergien, als auch direkte Elektronenstrahlung (hierzu wird das Target aus dem Strahlungsgang geschwenkt) an einem Gerät einzustellen. Dadurch ist eine Schonung des gesunden Gewebes, bei gleichzeitiger Applikation der erforderlichen hohen Dosis in der Zielregion möglich. Die Optimierung der räumlichen Dosisverteilung im Zielvolumen bei maximaler Schonung des umliegenden, gesunden Gewebes ist das Grundproblem der strahlentherapeutischen Behandlung. Mit Hilfe der Lokalisation von Tumoren mittels hochmoderner Computertomographien, erheblichen Fortschritten in der Beschleunigertechnik und der computergestützten Bestrahlungsplanung konnten in den zurückliegenden Jahren signifikante Fortschritte in der Tumorthherapie erzielt werden.<sup>11</sup>

---

<sup>11</sup> Vgl. Karstens, Strahlentherapie und Radioonkologie, 2009, S. 31f.

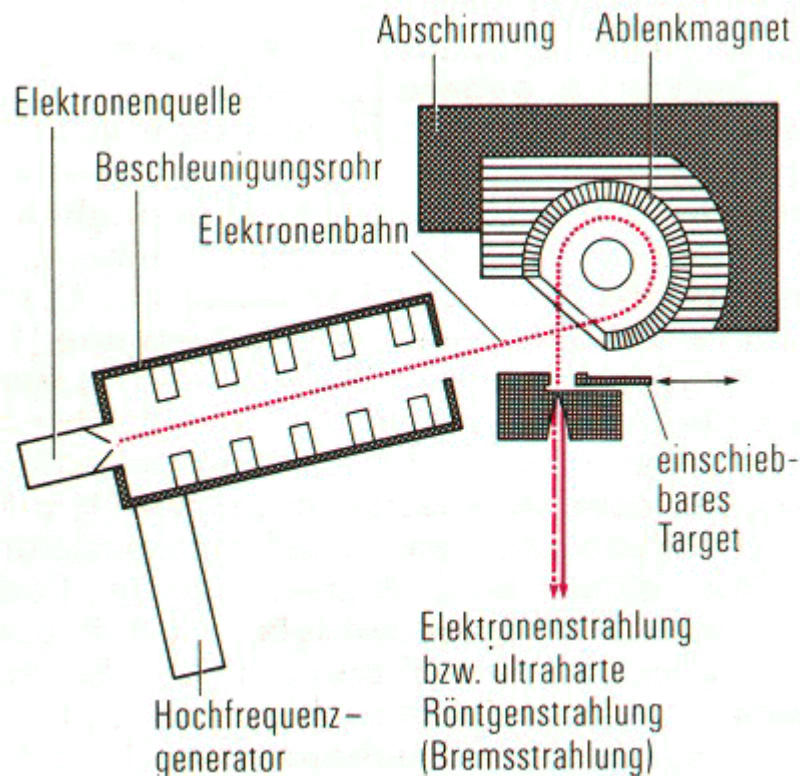


Abbildung 2: Aufbau eines Linearbeschleunigers<sup>12</sup>

#### 4.2 Warum ist es notwendig, die Klinik und Poliklinik für Strahlentherapie und Radioonkologie mit einem 4. Linearbeschleuniger zu erweitern?

Zum gegenwärtigen Zeitpunkt befinden sich drei Linearbeschleuniger der Firma Siemens im Einsatz. Alle drei Geräte sind nur zeitlich begrenzt nutzbar und haben unterschiedliche Restnutzungsdauern. In vier bis fünf Schichten werden täglich von 6.30 Uhr bis 22 Uhr ca. 160 Patienten an den Beschleunigern behandelt. Am Wochenende sollen in der Regel keine Behandlungen stattfinden. Die Geräte werden täglich durch die Medizinphysiker im Rahmen der Qualitätssicherung überprüft. Geräteausfälle, aber auch planmäßige Wartungen können dazu führen, dass der Zeitplan durcheinander kommt und auch am Wochenende bestrahlt werden muss. Somit muss zusätzliches Personal auch am Wochenende beschäftigt werden. Die Personalkosten des Universitätsklinikums machen einen Großteil der finanziellen Ausgaben aus. Da diese Wochenendarbeit aber nicht zu mehr Ertrag für das Klinikum führt, ist dieser Zustand

<sup>12</sup> <http://www.strahlentherapie-erfurt.de/Bilder/linear.gif>

nicht zu akzeptieren. In den Jahren 2005 („Oncor“ Therapie 6), 2008 („Artiste“ Therapie 5) und 2012 („Artiste“ Therapie 4) wurden drei Linearbeschleuniger in drei vorhandene Strahlenschutz bunker neuinstalliert. Die Abb. 3 zeigt die Installation des Linearbeschleunigers „Artiste“ im Jahr 2011. Im Jahre 2010 wurde das Gerät „Oncor“ mit einem zu den „Artiste“ baugleichen neuen Multileaf-Kollimator aufgerüstet. Mit dem Multileaf-Kollimator werden tumorkonforme Bestrahlungsfelder zur Schonung des gesunden Gewebes erzeugt. Die Neuinstallation eines Gerätes ist stets mit erheblichen Kosten verbunden, die aus dem Geräteanschaffungspreis und den Baumaßnahmen resultieren. Der Strahlenschutz bunker besteht aus meterdicken Betonwänden. Bei einer Neuinstallation eines Gerätes werden diese Betonwände durch eine Einbringöffnung geöffnet und anschließend wieder geschlossen. Der komplette Austausch eines Gerätes mit den Baumaßnahmen bei vorhandenen Strahlenschutz bunkern bedeutet einen Behandlungsausfall von ca. einem halben Jahr. Ein Ausfall des Beschleunigers bedeutet einen großen logistischen und finanziellen Mehraufwand durch Überstunden und Wochenendarbeit, um die Patienten an den nur noch zwei Beschleunigern bestrahlen zu können. Dieser Zustand ist für das Universitätsklinikum Dresden als Standort der Maximalversorgung nicht tragbar. Im Universitätsklinikum Dresden werden durch die besondere Stellung als Forschungsstandort besonders schwierige Behandlungen vorgenommen, welche kleineren Krankenhäusern eher vorenthalten werden. Trotzdem befindet sich auch das Universitätsklinikum in einer Situation des zunehmenden Konkurrenzkampfes unter den Kliniken. Aktuell wurde ein Linearbeschleuniger in einer Pirnaer Praxis in Betrieb genommen, die gleiche Praxis betreibt noch zwei Linearbeschleuniger in Bautzen. Im Krankenhaus Dresden Friedrichstadt werden zwei Beschleuniger betrieben. Jeder notwendige Austausch eines Gerätes der Klinik beim gleichzeitigen Betreiben von nur zwei Geräten hätte neben der Versorgungslücke auch erhebliche finanzielle Verluste für das Klinikum zur Folge. Auch eine weitere Ausdehnung der Behandlungszeiten in die Morgen- und Nachtstunden ist nicht möglich. Dies ist den schwerstkranken Patienten nicht zuzumuten. Außerdem muss die Qualitätssicherung der Geräte durch die Physiker stets gewährleistet sein. Zudem sind die Personalzahlen nicht ausreichend, um die Schichten auszudehnen. Durch immer strenger werdende gesetzliche Vorschriften werden in Zukunft die Anforderungen an gerätebezogene Qualitätssicherung deutlich zunehmen. Der Zeitaufwand für eine Therapie eines Patienten wird wachsen durch weiter

zunehmende, hochspezialisierte und individualisierte Therapiemöglichkeiten. Wie bereits kurz in der Einleitung beschrieben, hat die Firma Siemens die Produktion von Linearbeschleunigern eingestellt. Es wird jedoch die Wartung und Ersatzteilversorgung für alle in der Klinik vorhandene Beschleunigerkomponenten bis zum Jahr 2022 garantiert. Ein Austausch der bestehenden Geräte muss daher sukzessive erfolgen, um die Arbeitsfähigkeit der Klinik aufrecht zu erhalten. Wenn der neue Linearbeschleuniger eines anderen Herstellers im zukünftigen vierten Strahlenbunker in Betrieb gegangen ist, könnte dann das älteste Siemens Gerät durch einen weiteren neuen Linearbeschleuniger ersetzt werden. So wird sichergestellt, dass sich ständig drei Geräte im Einsatz befinden können. Das zweite neue Gerät müsste dann wieder vom gleichen Hersteller sein, wie das Gerät im neuen vierten Strahlenschutzunker.



**Abbildung 3: Installation Linearbeschleuniger Siemens „Artiste“, 2011<sup>13</sup>**

Das ist deshalb von besonderer Wichtigkeit, damit immer mindestens zwei voll kompatible Geräte von der gleichen Firma im Einsatz sind, um Probleme im Bereich der Wartung, Qualitätssicherung und durch Geräteausfälle zu minimieren. Zwischen voll kompatiblen Geräten können die Patienten bei Notwendigkeit ohne jegliche Umplanung umgestellt werden.

Das sukzessive Ersetzen der bestehenden Beschleuniger könnte nach folgendem Zeitplan erfolgen: Im Jahre 2016/2017 wird der älteste Siemens Beschleuniger ersetzt,

---

<sup>13</sup> Bilderarchiv Klinik und Poliklinik für Strahlentherapie und Radioonkologie, Uniklinik Dresden.

2019/2020 der zweitälteste und 2021/2022 das letzte Gerät der Firma Siemens. Der neue vierte Strahlenschutz bunker müsste 2015/ 2016 fertiggestellt sein und so aufgestellt sein, um den Anforderungen an den Strahlenschutz in den kommenden Jahren Rechnung zu tragen.<sup>14</sup>

---

<sup>14</sup> Vgl. Geyer, Dr. Peter, Universitätsklinikum Dresden, Interview 10.08.2012

## Auswirkungen des Austausches eines Linearbeschleunigers bei drei Strahlenschutzbunkern

<i>Situation</i>	<i>Hersteller</i>	<i>Erläuterung</i>
<b>Ist</b>	Ein Hersteller (3x Siemens)	Ideale Situation Equipment ist an jedem Gerät gleich, deshalb ist der Patientenaustausch an jedem Gerät zu jeder Zeit möglich.
<b>Während des Austauschs des 1. Siemens Gerätes durch ein Gerät eines neuen Herstellers</b>	2x Siemens	Problemloser Patientenaustausch noch zwischen den zwei Siemensgeräten möglich. Bei Ausfall eines Gerätes keine Pufferkapazität.
<b>Während des Austauschs des 2. Siemens Gerätes durch ein zweites Gerät des gleichen neuen Herstellers (worst case!)</b>	1x Siemens 1x neuer Hersteller	Keine Kompatibilität zwischen den Beschleunigern vorhanden, bei jedem Geräteausfall ist aufwändige Umpfanung erforderlich. Bei Ausfall eines Gerätes ebenfalls keine Pufferkapazität. Das 2. zweite neue Gerät muss unbedingt vom gleichen Hersteller sein, damit nach dem Austausch wieder 2 Geräte voll kompatibel sind. Es besteht ein erheblicher finanzieller und personeller Mehraufwand durch den Betrieb eines einzelnen Gerätes des Herstellers Siemens.
<b>Während des Austauschs des 3. Siemens-Beschleunigers durch ein neues Gerät (wieder des gleichen Herstellers)</b>	2x neuer Hersteller	Problemloser Patientenaustausch zwischen den zwei neuen Geräten möglich. Bei Ausfall eines Gerätes keine Pufferkapazität

Tabelle 1: Austausch eines Linearbeschleunigers bei 3 Strahlenschutzbunkern

## Auswirkungen des Austausches eines Linearbeschleunigers bei Bau eines 4. Strahlenschutz bunkers

<i>Situation</i>	<i>Hersteller</i>	<i>Erläuterung</i>
<b>Ist</b>	Ein Hersteller (3x Siemens)	Ideale Situation Equipment ist an jedem Gerät gleich, deshalb ist der Patientenaustausch an jedem Gerät zu jeder Zeit möglich.
<b>Bau 4. Gerät</b>	3x Siemens 1 neuer Hersteller	Der Patientenaustausch ist nun bereits problematischer, wenn der neue Hersteller ausfällt, es ergibt sich durch den Wechsel an den Siemens Beschleuniger ein erheblicher Aufwand für die Medizophysiker. Die Patientenzahlen können dagegen hoch gehalten werden.
<b>Austausch 1. Siemens Gerät</b>	2x Siemens 1 neuer Hersteller	analog Bau 4. Gerät
<b>Austausch 2. Siemens Gerät</b>	2x Siemens 2x neuer Hersteller	Das 2. neue Gerät muss unbedingt vom gleichen Hersteller sein, wie der vom Austausch des 1. Gerätes, damit der Aufwand für die Medizophysiker minimiert wird, weil nun jeweils 2 Geräte kompatibel sind.
<b>3. neues Gerät</b>	1x Siemens 3x neuer Hersteller	Ist unter Umständen wieder problematisch, wenn letztes Gerät getauscht wird, wenn letztes Siemens Gerät ausfällt, ergibt sich die Situation, wie bei Bau des 4. Gerätes. Bessere Lösung 2 + 2 Hersteller

Tabelle 2: Austausch eines Linearbeschleunigers bei Bau des 4. Strahlenschutz bunkers



### 4.3 Untersuchung der Restnutzungsdauer der vorhandenen Geräte

Momentan befinden sich drei Elektronenlinearbeschleuniger der Firma Siemens im Einsatz in der Klinik und Poliklinik für Strahlentherapie und Radioonkologie. Das älteste Gerät ist ein Siemens Oncor, welcher im Jahr 2005 eingebaut wurde. Im Jahr 2008 wurde ein Siemens Artiste integriert. Seit 2012 befindet sich ein weiteres Gerät Siemens Artiste im Einsatz. Das Universitätsklinikum Dresden ist eine Anstalt des öffentlichen Rechts. Da das Universitätsklinikum den Auftrag hat, junge Mediziner auszubilden und neue wissenschaftliche Erkenntnisse zu erforschen, werden bei der Anschaffung eines Linearbeschleunigers Fördermittel bei der Deutschen Forschungsgemeinschaft oder dem Sächsischen Staatsministerium für Wissenschaft und Kunst beantragt. Ein Linearbeschleuniger hat üblicherweise eine Lebensdauer von 12 bis 14 Jahren. Grundsätzlich erhöhen sich die Wartungs- und Instandhaltungskosten mit zunehmender Lebensdauer nicht. Bei einem Austausch des ältesten Siemens Oncor im Jahr 2016/2017, des zweitältesten Siemens Artiste im Jahr 2019/2020 und des letzten Siemens Artiste im Jahr 2021/2022 würde die ökonomische Lebensdauer nicht überschritten werden.<sup>15</sup>



Abbildung 4: Linearbeschleuniger Artiste 2012<sup>16</sup>

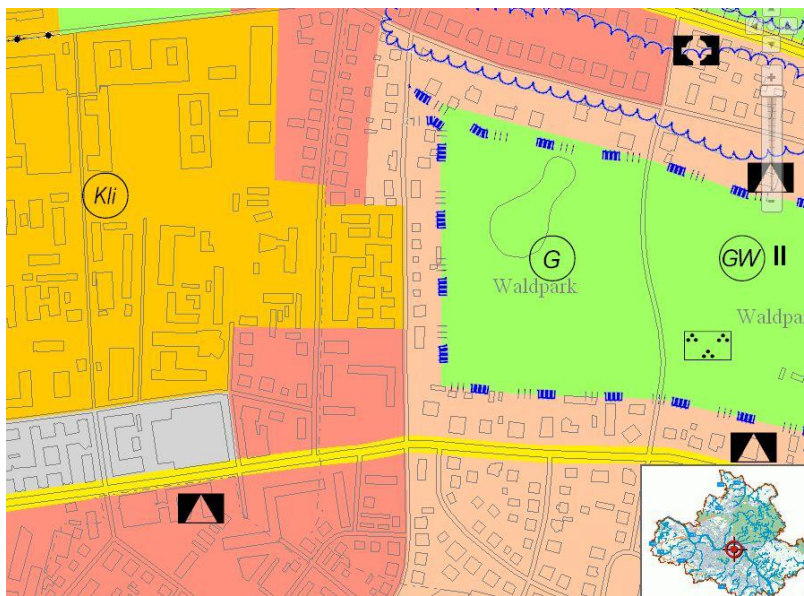
<sup>15</sup> Interview Geyer, Dr. Peter, Uniklinik Dresden, 10.08.2012.

<sup>16</sup> eigenes Bild.

## 5. Genehmigungsverfahren einer strahlentechnischen Baumaßnahme

### 5.1 Erlangung der Genehmigung aus städteplanerischer Sicht

Der Flächennutzungsplan veranschaulicht im gesamten Gemeindegebiet die städtebauliche Ordnung und Entwicklung. Der Flächennutzungsplan wird von der Gemeinde aufgestellt und stellt nach den Vorstellungen der Gemeinde, die zukünftige Art der Bodennutzung dar und welche Anforderungen dies an die Bodennutzung stellt. Die Flächennutzungsplanung erfolgt vorrausschauend für einen Zeitraum von rund 15 – 20 Jahren. Anpassungen durch wandelnde Bedürfnisse sind durch Änderungen oder Ergänzungen des Flächennutzungsplanes zulässig. Der Flächennutzungsplan stellt dar, was im Bebauungsplan verbindlich umgesetzt werden darf und wird daher auch als vorbereitender Bebauungsplan bezeichnet.<sup>17</sup> Abbildung 5 zeigt einen Ausschnitt aus dem Flächennutzungsplan der Landeshauptstadt Dresden in den Stadtgrenzen vom



01.01.1999 im Bereich des Uniklinikums. Der Bereich um die Klinik für Strahlenklinik und Radioonkologie ist gelb gekennzeichnet und somit Sonderbaufläche.

Abbildung 5: Flächennutzungsplan der Stadt Dresden<sup>18</sup>

<sup>17</sup> Vgl. Brenner, Öffentliches Baurecht, 2009, S. 50

<sup>18</sup> Flächennutzungsplan der Stadt Dresden, <http://stadtplan.dresden.de>, abgerufen am 17.09.2012.

## 5.2 Erlangung der Genehmigung aus bauordnungsrechtlicher Sicht

### 5.2.1 Gebäudeklassen

Nach der Landesbauordnung eines jeweiligen Bundeslandes werden Gebäude in verschiedene Gebäudeklassen eingeteilt. Dazu werden die Höhe und die Fläche des Gebäudes herangezogen. Die Einteilung von Gebäuden in Gebäudeklassen (Tab. 3) ist zudem abhängig von unterschiedlichen Bauteil- und Baustoffanforderungen. Mit ansteigender Gebäudeklasse erhöhen sich auch die Anforderungen an die Feuerwiderstandsklasse der verbauten Bauteile.

<b>Gebäudeklasse 1</b>	<b>a) freistehende Gebäude mit einer Höhe bis zu 7 m und nicht mehr als zwei Nutzungseinheiten von insgesamt nicht mehr als 400 m<sup>2</sup> und</b> <b>b) freistehende land- oder forstwirtschaftlich genutzte Gebäude</b>
<b>Gebäudeklasse 2</b>	Gebäude mit einer Höhe bis zu 7 m und nicht mehr als zwei Nutzungseinheiten von insgesamt nicht mehr als 400 m <sup>2</sup>
<b>Gebäudeklasse 3</b>	sonstige Gebäude mit einer Höhe bis zu 7 m
<b>Gebäudeklasse 4</b>	Gebäude mit einer Höhe bis zu 13 m und Nutzungseinheiten mit jeweils nicht mehr als 400 m <sup>2</sup>
<b>Gebäudeklasse 5</b>	sonstige Gebäude einschließlich unterirdischer Gebäude

**Tabelle 3: Einteilung der Gebäudeklassen<sup>19</sup>**

Neben den fünf Gebäudeklassen enthalten die Landesbauordnungen auch noch die Spezialisierung der Sonderbauten, die aufgrund der Art der besonderen Nutzung verschiedene Eigenschaften aufweist. Nach der SächsBo §2 Absatz 4 Ziffer 9 handelt es sich bei Krankenhäusern um Sonderbauten.<sup>20</sup> An Sonderbauten werden nach §51 der SächsBo besondere Anforderungen gestellt, damit die öffentliche Sicherheit und Ordnung, insbesondere Leben, Gesundheit und die natürlichen Lebensgrundlagen nicht gefährdet werden. Es können aber auch Erleichterungen verwirklicht werden, wenn

<sup>19</sup> Sächsische Bauordnung, §2

<sup>20</sup> Vgl. Sächsische Bauordnung, §2

aufgrund der besonderen Art der Nutzung, der baulichen Anlagen keine besonderen Anforderungen gestellt werden. Relevante Anforderungen und eventuelle Erleichterungen an den Bau von Krankenhäusern sind z.B.:<sup>21</sup>

- „die Anordnung der baulichen Anlagen auf dem Grundstück
- die Abstände von Nachbargrenzen, von anderen baulichen Anlagen auf dem Grundstück und von öffentlichen Verkehrsflächen sowie auf die Größe der freizuhaltenden Flächen der Grundstücke
- die Anlage von Zu- und Abfahrten
- die Bauart und Anordnung, aller für den Stand- und Verkehrssicherheit, den Brand-, Wärme-, Schall-, oder Gesundheitsschutz wesentlichen Bauteilen und die Verwendung von Baustoffen
- Brandschutzanlagen, -einrichtungen und -vorkehrungen
- die Löschwasserrückhaltung
- die Anordnung und Herstellung von Aufzügen, Treppen, Treppenträumen, Fluren, Ausgängen und sonstigen Rettungswegen
- die barrierefreie Nutzbarkeit
- die Zahl der Toiletten für Besucher
- Umfang, Inhalt und Zahl besonderer Bauvorlagen, insbesondere eines Brandschutzkonzepts
- die Bestellung eines Brandschutzbeauftragten“<sup>22</sup>

---

<sup>21</sup> Vgl. Sächsische Bauordnung, §51.

<sup>22</sup> Sächsische Bauordnung, §51.

### 5.2.2 Krankenhausbauverordnung

Die Verordnung über den Bau von Krankenhäusern KhBauVo – Krankenhausbauverordnung in der Fassung vom 21. Februar 1978 (zuletzt geändert durch die Verordnung vom 20. Februar 2000), ist im Freistaat Sachsen keine gültige Rechtsgrundlage mehr, findet als Grundlagenwerk aber weiterhin Verwendung beim Neubau von Krankenhäusern. Die KhBauVo enthält Information über Allgemeines, Bauvorschriften, Anforderungen an Räume und Raumgruppen, besondere Krankenhäuser und Betriebsvorschriften. Nach Teil 1 Allgemeine Vorschriften gilt diese Verordnung für den Bau und den Betrieb von Krankenhäusern und anderen baulichen Anlagen mit entsprechender Zweckbestimmung, z. B. Polikliniken. In Polikliniken werden die gleichen Behandlungen, wie im Krankenhaus erbracht, jedoch werden die zu versorgenden Patienten nicht untergebracht, gepflegt oder gepflegt. Die für den Autor und für diese Bachelorarbeit relevanten Paragraphen werden nun zitiert und erläutert. Der § 3 der KhBauVo trifft Aussagen über die Bebauung von Grundstücken: „(1) Krankenhäuser dürfen nur an Standorten errichtet werden, an denen ihre Zweckbestimmung nicht unzumutbar durch Luftverunreinigungen, Geräusche oder Erschütterungen beeinträchtigt wird. Dies gilt sinngemäß für Erweiterungsbauten bestehender Krankenhäuser. Ausnahmen können gestattet werden, wenn die Nachteile durch geeignete Maßnahmen ausgeglichen werden. (2) Krankenhäuser müssen auf dem Grundstück so angeordnet und ausgeführt sein, dass der von außen einwirkende Lärm in den Bettenzimmern sowie in den Untersuchungs- und Behandlungsräumen nicht stört oder belästigt.“<sup>23</sup> Im § 36 der KhBauVo werden Aussagen über sonstige Betriebsvorschriften getroffen: Der Krankenhausbetreiber hat der zuständigen Bauaufsichtsbehörde mindestens einen fachkundigen Betriebsangehörigen zu benennen, der für die Betriebssicherheit, der technischen Anlagen und die Einhaltung der Betriebsvorschriften Verantwortung trägt. Vom Krankenhausbetreiber ist im Einvernehmen mit der für den Brandschutz zuständigen Behörde eine Brandschutzordnung aufzustellen.<sup>24</sup> Im § 38 der KhBauVo werden Aussagen über Prüfungen getroffen: Die technischen Anlagen und Einrichtungen, bei denen die KhBauVo Anforderungen stellt, sind in regelmäßigen Abständen durch Staatlich anerkannte Sachverständige und Sachkundige zu prüfen. Die Bauaufsichtsbehörde hat

---

<sup>23</sup> KhBauVo, §3, 1976

<sup>24</sup> Vgl. KhBauVo, §36, 1976

Krankenhäuser höchstens einmal in fünf Jahren zu prüfen. Dabei wird überprüft, ob sämtliche Betriebsvorschriften eingehalten werden und ob intervallmäßige Prüfungen stattgefunden haben. Darüber hinaus zuständigen Behörden z. B. Gesundheitsamt und Staatliches Amt für Arbeitssicherheit, wird die Gelegenheit gegeben an der Prüfung teilzunehmen.<sup>25</sup>

### **5.2.3 Bundesimmissionsrichtlinie**

Im Rahmen dieser Bachelorarbeit wird das Genehmigungsverfahren nach dem Gesetz zum Schutz vor schädlichen Umwelteinwirkungen durch Luftverunreinigungen, Geräusche, Erschütterungen und ähnliche Vorgänge (Bundes-Immissionsschutzgesetz, BImSchG) untersucht. Nach dem Immissionsschutzrecht ist die Genehmigungspflicht, bezogen auf bestimmte Anlagearten eine schützende Maßnahme zum Schutz vor Luftverunreinigungen und Schutz vor Lärm. Das Bundes-Immissionsschutzrecht regelt dabei auch materielle Anforderungen an genehmigungsbedürftige Anlagen. Für den Immissionsschutz sind für das Genehmigungsverfahren bedeutend:

- die Einflussnahme der Behörde auf den Standort, der immissionsschutzrelevanten Anlage
- die Einflussnahme der Behörde auf das durch den Betrieb der Anlage hervorgerufene Ausmaß der Immissionen

Durch die Doppelfunktion des Genehmigungsverfahrens (1. Standort, 2. technisches und betriebliches Verfahren) ist demzufolge für den Betrieb und bereits für die Errichtung ein Genehmigungsvorbehalt zu stellen.<sup>26</sup>

Im Weiteren werden die für die Errichtung des Linearbeschleunigers relevanten Paragraphen zitiert und erläutert. Nach §1 des BImSchG ist Zweck dieses Gesetzes:

„(1) Menschen, Tiere und Pflanzen, den Boden, das Wasser, die Atmosphäre sowie Kultur- und sonstige Sachgüter vor schädlichen Umwelteinwirkungen zu schützen und dem Entstehen schädlicher Umwelteinwirkungen vorzubeugen.

---

<sup>25</sup> Vgl. KhBauVo, §38, 1976

<sup>26</sup> Vgl. Pütz, Genehmigungsverfahren nach Bundes-Immissionsschutzgesetz, 1997, S. 15.

(2) Soweit es sich um genehmigungsbedürftige Anlagen handelt, dient dieses Gesetz auch:

- der integrierten Vermeidung und Verminderung schädlicher Umwelteinwirkungen durch Emissionen in Luft, Wasser und Boden unter Einbeziehung der Abfallwirtschaft, um ein hohes Schutzniveau für die Umwelt insgesamt zu erreichen, sowie
- dem Schutz und der Vorsorge gegen Gefahren, erhebliche Nachteile und erhebliche Belästigungen, die auf andere Weise herbeigeführt werden.“<sup>27</sup>

Seit der Veröffentlichung im Jahr 1974 zählt es nach seiner historischen Entwicklung und praktischen Bedeutung zum Kernbereich des modernen Umweltrechts.<sup>28</sup> Nach §2 BImSchG Abs. 1 Ziffer 1 hat das Gesetz Geltung für den Bereich, der Errichtung und des Betriebs von Anlagen. Nach §4 BImSchG bedürfen solche Anlagen, von denen aufgrund ihrer Beschaffung und ihres Betriebs die Gefahr besteht, schädliche Umwelteinwirkungen hervorzurufen oder anderweitig die Allgemeinheit oder Nachbarschaft zu gefährden eine Genehmigung.<sup>29</sup> In §5 BImSchG werden die Pflichten der Betreiber von genehmigungsbedürftigen Anlagen geregelt. Danach sind Anlagen so zu betreiben und zu errichten, dass zur Gewährleistung eines hohen Schutzniveaus für die Umwelt insgesamt:

- sämtliche schädliche Umwelteinwirkungen, Gefahren, bedeutende Nachteile und enorme Belästigungen, die von der Anlage ausgehen für die Allgemeinheit und die Nachbarschaft vermieden werden,
- Vorsorge gegenüber den o.g. Punkten getroffen, durch die dem Stand der Technik entsprechenden Maßnahmen (möglichst maximale Vermeidung von Emissionen),
- Anfall von Abfall beim Betrieb von Anlagen vermieden wird,
- die Verwendung von Energie sparsam und effizient erfolgt.

Darüber hinaus sind solche Anlagen so zu errichten und zu betreiben, dass auch nach dessen betrieblicher Stilllegung keine schädlichen Umwelteinwirkungen und sonstige

---

<sup>27</sup> Bundes-Immissionsschutzgesetz, §1.

<sup>28</sup> Vgl. Wöckel, Grundzüge des Immissionsschutzrechts, 2008, S. 5.

<sup>29</sup> Vgl. Jarass, Bundes-Immissionsschutzgesetz, 2007, §4, S. unb.

Gefahren für die Nachbarschaft und die Allgemeinheit zurückzubleiben. Die ordnungsgemäße Wiederherstellung des Betriebsgeländes muss gewährleistet sein.<sup>30</sup>

Eine weitere Erfordernis für einen erfolgreichen Genehmigungsantrag sind nach §7 BlmSchG Rechtsverordnungen über Anforderungen an genehmigungsbedürftige Anlagen, damit die Anforderungen nach §5 BlmSchG erfüllt werden:

- Anlagen müssen bestimmten technischen Anforderungen entsprechen,
- die durch den Betrieb der Anlagen hervorgerufenen Emissionen dürfen bestimmte Grenzwerte nicht überschreiten,
- die Betreiber der Anlagen müssen regelmäßig Messungen von Emissionen und Immissionen nach der gültigen Rechtsverordnung durchführen,
- die Betreiber der Anlagen haben regelmäßig sicherheitstechnische Prüfungen der Anlagen, sowie sicherheitstechnische Prüfungen bestimmter Unterlagen nach der gültigen Rechtsverordnung durch unabhängige Sachverständige durchzuführen.<sup>31</sup>

Wenn diese Rechtsverordnungen über Anforderungen an genehmigungsbedürftige Anlagen nach §7 BlmSchG und die Pflichten der Betreiber von genehmigungsbedürftigen Anlagen nach §5 BlmSchG gegeben sind und andere öffentlich-rechtliche Vorschriften und Belange des Arbeitsschutzes, der Errichtung und dem Betrieb der Anlage nicht entgegenstehen, sind die Genehmigungsvoraussetzungen nach §6 BlmSchG erfüllt und die Genehmigung für den Betrieb und die Errichtung der Anlage ist zu erteilen.<sup>32</sup>

Das BlmSchG erläutert für genehmigungsbedürftige Neuanlagen zwei Arten von Genehmigungsverfahren:

- das förmliche Verfahren nach §10 BlmSchG (Abb. 6) mit Beteiligung der Öffentlichkeit
- (1) Voraussetzung ist ein schriftlicher Antrag, mit den zur Prüfung nach §6 BlmSchG beizufügenden Zeichnungen, Erläuterungen und Unterlagen
  - (2) sind in den Unterlagen Geschäfts- oder Betriebsgeheimnisse enthalten, dann werden diese Unterlagen gekennzeichnet und separat vorgelegt

---

<sup>30</sup> Vgl. Jarass, Bundes-Immissionsschutzgesetz, 2007, §5, S. unb.

<sup>31</sup> Vgl. Jarass, Bundes-Immissionsschutzgesetz, 1993, §7, S. 7.

<sup>32</sup> Vgl. Jarass, Bundes-Immissionsschutzgesetz, 1993, §6, S. 7.



- (3) bei vollständigen Unterlagen hat die zuständige Behörde die Pflicht im Amtsblatt und in öffentlichen Tageszeitungen im Bereich des Standorts das Vorhaben anzuzeigen, um die Öffentlichkeit zu informieren
- (4) regelt den Inhalt der behördlichen Anzeige: a) Wann und wo kann die Bevölkerung den Antrag auf Genehmigung des Vorhabens einsehen, b) Aufforderung der Behörde Einwände gegen das Vorhaben durch die Bevölkerung zu stellen, c) Bestimmung eines Erörterungstermins für die Bevölkerung, d) Hinweis, dass die Zustellung der Entscheidung über die Einwendungen durch öffentliche Bekanntmachungen ersetzt werden kann
- (5) zuständige Genehmigungsbehörde hat Gutachten deren Behörden einzuholen, die durch das Vorhaben zusätzlich betroffen sind
- (6) eventuelle Einwände der Bevölkerung hat die Behörde mit dem Antragsteller und dem, der die Einwendungen erhoben hat, zu erörtern
- (7) Genehmigungsbescheid ist schriftlich anzufertigen und auch den Personen, welche Einwände erhoben haben zuzustellen
- (8) diese Information für die Personen, welche Einwendungen erhoben haben, kann durch öffentliche Bekanntmachung ersetzt werden<sup>33</sup>

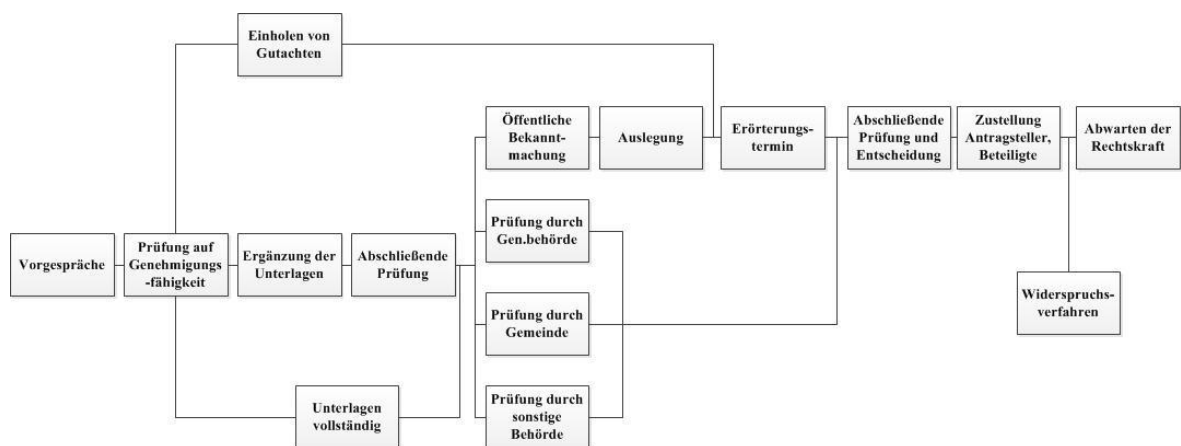


Abbildung 6: förmliches Genehmigungsverfahren nach BImSchG §10<sup>34</sup>

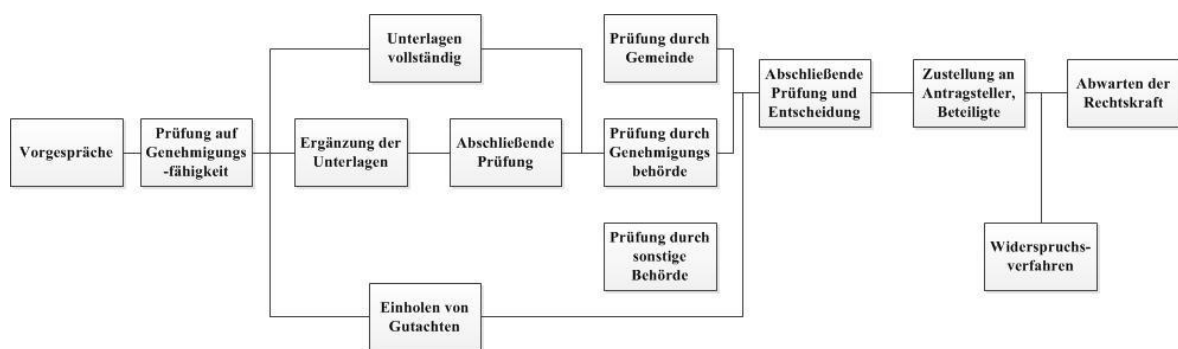
- das vereinfachte Verfahren nach §19 BImSchG (Abb. 7) mit Ausschluss der Öffentlichkeit

<sup>33</sup> Vgl. Jarass, Bundes-Immissionsschutzgesetz, 1993, §10, S. 9.

<sup>34</sup> Eigene Darstellung, nach Pütz, Genehmigungsverfahren, 1997, S. 194.

Der §4 Abs. 1 Satz regelt, dass „ein förmliches Genehmigungsverfahren, nicht erforderlich ist, wenn eine Anlage insgesamt oder in ihren in der Rechtsverordnung bezeichneten wesentlichen Teilen der Bauart nach zugelassen ist und in Übereinstimmung mit der Bauartzulassung errichtet und betrieben wird“ und die Art und das Ausmaß, der von den Anlagen hervorgerufenen schädlichen Umwelteinwirkungen für die Nachbarschaft zumutbar ist.

- (1) im vereinfachten Verfahren sind nur die nach §10 BImSchG Punkte von Abs. 1, 5 und 7 anzuwenden<sup>35</sup>



**Abbildung 7: vereinfachtes Genehmigungsverfahren nach BImSchG §19<sup>36</sup>**

Nach Manfred Pütz und Karl-Hein Buchholz ist das immissionsschutzrechtliche Genehmigungsverfahren nach einem schematischen Ablauf dargestellt.

- (1) Vorgespräch als Beratung zwischen Antragsteller (evtl. in Verbindung mit einem Beratungsunternehmen bzw. Projektmanager) und der Genehmigungsbehörde
- (2) Antragstellung
- (3) die Genehmigungsbehörde prüft den Antrag auf Vollständigkeit
- (4) Sachverständigengutachten für die Genehmigungsbehörde wird eingeholt
- (5) Genehmigungsbehörde macht das Vorhaben öffentlich und
- (6) legt Antrag und Antragsunterlagen aus
- (7) Beteiligung anderer durch das Vorhaben berührte Behörden
- (8) Erörterungsgespräche

<sup>35</sup> Vgl. Jarass, Bundes-Immissionsschutzgesetz, 1993, §19, S. 16.

<sup>36</sup> Eigene Darstellung, nach Pütz, Genehmigungsverfahren, 1997, S. 194.

- (9) evtl. Ausstellung des Genehmigungsbescheides und Zustellung und öffentliche Bekanntmachung<sup>37</sup>

## **5.2.4 Das Baugenehmigungsverfahren nach SächsBo**

### **Baugenehmigungsverfahren nach §64 SächsBo**

In Deutschland gibt es kein einheitliches Baugenehmigungsverfahren, es fällt in die Zuständigkeit der einzelnen Bundesländer und ist dort in den Landesbauordnungen geregelt. Die Landesbauordnungen unterscheiden nach dem vereinfachtem Genehmigungsverfahren und dem Genehmigungsverfahren für Sonderbauten.

### **Grundsatz Genehmigungspflicht**

Nach dem Grundsatz der Genehmigungspflicht bedürfen alle wesentlichen Baumaßnahmen der Genehmigung. Wesentliche Baumaßnahmen sind nach §59 Abs. 1 SächsBo die Errichtung, Änderung und Nutzungsänderung von baulichen Anlagen.

### **Bauantrag**

Der Beginn eines jeden Baugenehmigungsverfahrens ist der schriftliche Bauantrag. Aus dem Bauantrag müssen das Baugrundstück und das geplante Bauvorhaben hervorgehen. Die Baurechtsbehörde hat den Bauantrag zu prüfen, ob das Vorhaben den Anforderungen des Baurechts entspricht.

### **Bauvorlagen**

Bauvorlagen dienen dazu, den Bauantrag näher zu konkretisieren und müssen zusammen mit dem Bauantrag bei der Baugenehmigungsbehörde eingereicht werden. Zu den Bauvorlagen gehören:

- amtlicher Lageplan
- Bauzeichnungen
- Baubeschreibung
- Nachweis der Standsicherheit
- Angaben über die Wasserversorgungs- und Abwasserentsorgungsanlagen

---

<sup>37</sup> Vgl. Pütz, Genehmigungsverfahren nach Bundes-Immissionsschutzgesetz, 1997, S. 192ff.

- Angaben über die Energieversorgung
- Auszug des Bebauungsplans mit Eintragung des Grundstücks
- Erhebungsbogen für die Baustatistik

Der Bauantrag und die dazugehörigen Bauvorlagen müssen von einem Entwurfsverfasser unterschrieben sein, der bauvorlageberechtigt ist. Nach §65 Abs. 2 SächsBo sind in Sachsen Architekten, Innenarchitekten, Bauingenieure und Personen mit spezieller Qualifikation bauvorlageberechtigt.

### **Behandlung des Bauantrags**

Die Bauaufsichtsbehörde hört zum Bauantrag die Gemeinde an und diejenigen Stellen, deren Beteiligung oder Anhörung für die Entscheidung über den Bauantrag durch Rechtsvorschrift vorgeschrieben ist und ohne deren Stellungnahme die Genehmigungsfähigkeit des Bauantrages nicht beurteilt werden kann. Die Bauaufsichtsbehörde prüft den Bauauftrag und die Bauvorlagen. Im Falle von gravierenden inhaltlichen Mängeln, wird der Bauantrag zurückgewiesen. Wenn der Bauantrag geringe Mängel aufweist oder unvollständig ist, kann die Bauaufsichtsbehörde den Bauherrn auffordern, die Bauvorlagen zu vervollständigen oder die Mängel zu beseitigen.

### **Gemeindliches Einvernehmen**

Jede Gemeinde ist für die städtebauliche Entwicklung in ihrem Gemeindegebiet verantwortlich und wird in das Baugenehmigungsverfahren einbezogen, um sich vor Erteilung der Baugenehmigung zu dem Vorhaben zu äußern. Wenn die Gemeinde die Zustimmung zu dem Bauprojekt versagt, besteht für den Bauherrn die Möglichkeit, die Baugenehmigung beim Verwaltungsgericht einzuklagen. Um einen langwierigen Rechtsstreit zu vermeiden, wird es dem Bauherrn jedoch empfohlen bei der Gemeinde vorzusprechen, um Kompromisse zu erzielen.

## Nachbaranhörung

Wenn zu erwarten ist, dass öffentlich-rechtlich geschützte nachbarliche Belange durch das Projekt betroffen sind, hat die Bauaufsichtsbehörde die Pflicht, Nachbarn in das Projekt einzubeziehen. Die Nachbarn haben zwei Wochen nach Eingang der Benachrichtigung, die Möglichkeit, Einwendungen gegen das Projekt schriftlich zu formulieren.

## Baugenehmigung, Baubeginn

Die Baugenehmigung ist dem Bauherrn schriftlich, durch die Bauaufsichtsbehörde zu erteilen, wenn keine öffentlichen Vorschriften, dem Vorhaben entgegenstehen. Eine Erteilung der Baugenehmigung, kann an Auflagen, Bedingungen, Vorbehalte der nachträglichen Aufnahme, Änderungen oder Ergänzungen geknüpft sein und daher auch nur befristet erteilt werden.<sup>38</sup>

## Der Ablauf des Baugenehmigungsverfahrens

Vorprüfung	rechtliche Situation? Altlasten? Baugenehmigung oder Bauvorbescheid? Besprechung mit Gemeinde und Nachbar?
schriftlich und vollständig	
formelle Prüfung durch Behörde	Hinweispflicht der Behörde
Nachbaranhörung	entfällt bei vorheriger Zustimmung
gemeindliches Einvernehmen	entfällt bei qualifiziertem Bebauungsplan
Beteiligung von Fachbehörden	ist Sache der Baugenehmigungsbehörde
inhaltliche Prüfung durch Behörde	auf Vollständigkeit und Mängel
Erteilung/ Versagung der Genehmigung	Widerspruchsfrist beachten

**Tabelle 4: Ablauf des Baugenehmigungsverfahrens<sup>39</sup>**

<sup>38</sup> Vgl. Wurster, Bauen in den neuen Ländern, 1994, S. 131ff.

<sup>39</sup> Wurster, Bauen in den neuen Ländern, 1994, S. 133.

### **5.2.5 Baugenehmigungsunterlagen für die Durchführungsverordnung der Sächsischen Bauordnung**

Nach §64 Abs. 2 Satz 1 SächsBo sind neben dem Bauantrag für das Baugenehmigungsverfahren folgende Bauvorlagen für die Bauaufsichtsbehörde erforderlich:

- 1) Ein Auszug aus dem Liegenschaftskataster, welcher im Original vorliegen muss und bei Antragstellung nicht älter, als ein Jahr sein darf. Weiterhin verlangt die Bauaufsichtsbehörde ein Lageplan, welcher auf der Grundlage des Auszuges aus dem Liegenschaftskataster zu erstellen ist.
- 2) Bauzeichnungen mit Darstellungen zur Gründung, die Grundrisse aller Geschosse, Schnitte und Ansichten der geplanten baulichen Anlage
- 3) eine detaillierte Baubeschreibung mit Erläuterung des Vorhabens und der daraus resultierenden Nutzung.
- 4) den Nachweis über die Standsicherheit einschließlich der Feuerwiderstandsdauer tragender Bauteile, den Nachweis des vorbeugenden baulichen Brandschutzes und andere bautechnische Nachweise
- 5) Angaben über die Grundstücksentwässerung und die Wasserversorgung mit einem Leitungsplan der Wasser- und Abwasserleitungen auf dem Grundstück
- 6) wenn notwendig, den Antrag einer Abstandsflächen-Übernahmeerklärung
- 7) eine nachvollziehbare Berechnung über die vorhandene und geplante Grundflächenzahl für vorhandene und geplante bauliche Anlagen auf dem Grundstück
- 8) eine prüfbare Berechnung über die zulässige, die vorhandene und die geplante Grundfläche/ Grundflächenzahl, Geschossfläche/ Geschossflächenzahl und wenn erforderlich Baumasse/ Baumassenzahl auf dem Baugrundstück<sup>40</sup>

---

<sup>40</sup> Vgl. Durchführungsverordnung zur SächsBo, §1

### 5.3 Erlangung der Genehmigung aus strahlenschutztechnischer Sicht

Ein medizinischer Linearbeschleuniger erzeugt ionisierende Strahlung, in Form von Photonen- und Elektronenstrahlung. Die ionisierende Strahlung besitzt so viel Energie, dass sie in der Lage ist Atome und Moleküle zu ionisieren. Das bedeutet, es werden aus neutralen Atomen und Molekülen positive und negative Teilchen erzeugt. Wenn ein Organismus bestrahlt wird, gibt die Strahlung im inneren des Organismus Energie ab. Ist die Dosis zu hoch, kann dies zu einer Strahlenschädigung führen.<sup>41</sup> Deshalb hat der Strahlenschutz für Patienten, betriebliches Personal und die Bevölkerung oberste Priorität. Der Betrieb und die Errichtung einer Anlage zur Erzeugung ionisierender Strahlung unterliegen den Bestimmungen der Strahlenschutzverordnung. Ist der Bau einer Anlage zur Erzeugung ionisierender Strahlung vorgesehen, ist ein komplexes Genehmigungsverfahren bei der zuständigen Aufsichtsbehörde notwendig. In Sachsen ist dafür das Landesamt für Umwelt, Landwirtschaft und Geologie zuständig und erteilt die im Falle, der Erfüllung, aller Auflagen die Genehmigung für den Betrieb einer Strahlentherapie Anlage. Der Bau und der Betrieb einer Bestrahlungseinrichtung bedarf nach §11 (genehmigungsbedürftige Errichtung und genehmigungsbedürftiger Betrieb von Anlagen zur Erzeugung ionisierender Strahlen) der StrSchV der Genehmigung.

„(1) Wer eine Anlage zur Erzeugung ionisierender Strahlen der folgenden Art errichtet, bedarf der Genehmigung.

(2) Wer eine Anlage zur Erzeugung ionisierender Strahlen betreibt oder die Anlage oder ihren Betrieb wesentlich verändert, bedarf der Genehmigung.“<sup>42</sup>

Sind nach §11 Abs. 1 und 2 alle Anforderungen erfüllt, ist zu beachten, dass Elektronenbeschleuniger mit einer Endenergie mit weniger als 10 Megaelektronenvolt den Anforderungen an den Strahlenschutz vollständig Rechnung tragen. Somit reicht für diese Anlagen, die Betriebsgenehmigung nach §11 Abs. 2 aus. Eine Errichtungsgenehmigung nach §11 Abs. 1 ist nicht erforderlich. Medizinische Linearbeschleuniger benötigen ebenfalls keine Genehmigung für die Errichtung, wenn diese im Pulsbetrieb arbeiten und die mittlere Strahlleistung von 1 KW nicht überschreiten.<sup>43</sup>

---

<sup>41</sup> Vgl. Bundesamt für Strahlenschutz, in: <http://www.bfs.de/de/ion>, abgerufen am 07.08.2012.

<sup>42</sup> Bundesamt für Justiz, Strahlenschutzverordnung, §11

<sup>43</sup> Vgl. Bundesamt für Justiz, Strahlenschutzverordnung, §11

In §13 und §14 der StrlSchV sind die Genehmigungsvoraussetzungen für die Errichtung einer Anlage zur Erzeugung ionisierender Strahlen formuliert. Die Genehmigung für eine Anlage nach §11 Abs. 1 StrlSchV ist zu erteilen, wenn:

- „gewährleistet ist, dass für die Errichtung der Anlage ein Strahlenschutzbeauftragter bestellt wird, der die erforderliche Fachkunde im Strahlenschutz besitzt und der die Anlage entsprechend der Genehmigung errichten oder errichten lassen kann; es dürfen keine Tatsachen vorliegen, aus denen sich Bedenken gegen die Zuverlässigkeit des Strahlenschutzbeauftragten ergeben...“<sup>44</sup>

Der Errichtung einer Anlage zur Erzeugung ionisierender Strahlung darf daher erst beginnen, wenn die zuständige Aufsichtsbehörde eine Errichtungsgenehmigung mit entsprechenden Auflagen formuliert hat. In §14 der StrlSchV sind die Regularien für den Betrieb formuliert:<sup>45</sup>

- „die für eine sichere Ausführung des Betriebs notwendige Anzahl von Strahlenschutzbeauftragten vorhanden ist und ihnen die für die Erfüllung ihrer Aufgaben erforderlichen Befugnisse eingeräumt sind...“<sup>46</sup>

Strahlenschutzbeauftragte müssen nach §31 der StrlSchV über entsprechende Fachkenntnis im Strahlenschutz verfügen. Deshalb reicht für das Amt des Strahlenschutzbeauftragten kein Arzt aus, sondern ein speziell ausgebildeter Medizophysiker oder eine hinreichend ausgebildete sonstige Person. Der Medizophysikexperte muss während der Bestrahlungsbehandlungen permanent vor Ort sein. Er ist für den reibungslosen Betrieb der Geräte und den Ablauf der Bestrahlungen verantwortlich. Die ständige Anwesenheit der Strahlenschutzbeauftragten ist sicherzustellen und muss deshalb personell, doppelt besetzt werden.<sup>47</sup>

#### **Aufgaben des Strahlenschutzbeauftragten:**

- Strahlendosis messen und bestimmen
- hat die erforderlichen physikalischen Daten für die Behandlung bereitzustellen

---

<sup>44</sup> Bundesamt für Justiz, Strahlenschutzverordnung, §13.

<sup>45</sup> Vgl. Ewen, Strahlenschutz an Beschleunigern, 1985, S. 43.

<sup>46</sup> Bundesamt für Justiz, Strahlenschutzverordnung, §14.

<sup>47</sup> Vgl. Ewen, Strahlenschutz an Beschleunigern, 1985, S. 43.



- Planung der Behandlung
- Technische Überwachung und Wartung der medizinischen Geräte
- Qualitätssicherung
- Schulung der Medizinisch technischen Röntgenassistenten bei der Bedienung der Anlagen
- Gewährleistung der Standards für strahlenschutztechnische Sicherheitsmaßnahmen
- Teilnahme an regelmäßigen Fort- und Weiterbildungen<sup>48</sup>

Jede Klinik oder Arztpraxis muss bei der Behörde auch einen Strahlenschutzverantwortlichen benennen. Diese Person bedarf nicht der Ausbildung auf dem Gebiet der Strahlentherapie, meist wird eine Person aus der Führungsebene bestimmt. Im Uniklinikum Dresden ist dies der kaufmännische Vorstand. Vom Strahlenschutzverantwortlichen kann auch ein Strahlenschutzbevollmächtigter benannt werden. Im Uniklinikum werden die Genehmigungen durch den Strahlenschutzbevollmächtigten beantragt. In einer Privatklinik wird die Genehmigung durch den Praxisinhaber beantragt. Der Strahlenschutzverantwortliche muss nicht permanent vor Ort sein. Er ist als Betreiber für die ausreichende Bereitstellung von medizinischem Personal verantwortlich und zeigt z.B. Änderungen des Betriebs und Geräten bei der Behörde an, wenn der Strahlenschutz wesentlich berührt wird.<sup>49</sup> Die Abb. 8 stellt die Verantwortlichkeiten im Strahlenschutz dar:

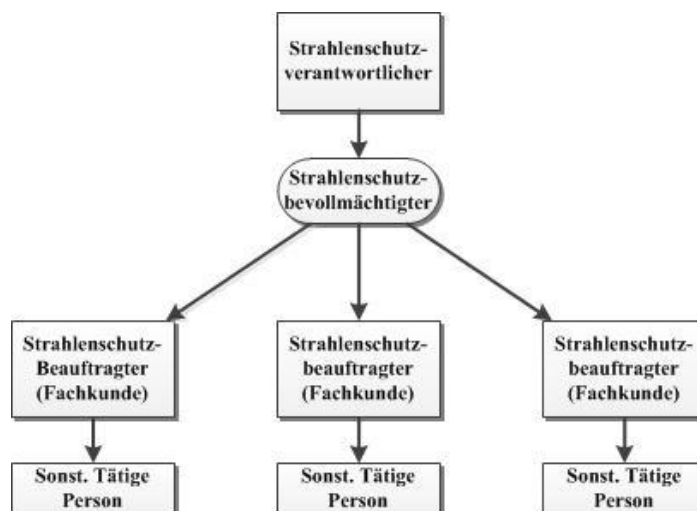


Abbildung 8: Verantwortlichkeiten im Strahlenschutz<sup>50</sup>

<sup>48</sup> Vgl. Vgl. Lohr, Strahlentherapie kompakt, 2007, S. 319.

<sup>49</sup> Vgl. Lohr, Strahlentherapie kompakt, 2007, S. 318 ff.

<sup>50</sup> Eigene Darstellung nach: Vogt, Grundzüge des praktischen Strahlenschutzes, 2010, S.267.

Nach §12 der StrlSchV sind bei einer bestehenden Anlage auch alle Änderungen des Aufbaus, des Betriebs, der strahlenschutzrelevanten Systeme und Änderungen der Strahlenschutzüberwachungssysteme beim zuständigen Landesamt anzuzeigen:

- „Abweichend von § 11 Absatz 2 hat eine Person, die beabsichtigt, eine Anlage der folgenden Art zu betreiben oder eine solche Anlage oder ihren Betrieb wesentlich zu verändern, der zuständigen Behörde die beabsichtigte Inbetriebnahme oder wesentliche Änderung vorher schriftlich anzuzeigen...“<sup>51</sup>

Nach §25/26/27 der StrlSchV ist eine Bauartzulassung von Anlagen zur Erzeugung ionisierender Strahlung vorgesehen.<sup>52</sup>

§25 StrlSchV beinhaltet das Verfahren der Bauartzulassung:

- „Die Bauart von Geräten und anderen Vorrichtungen, in die sonstige radioaktive Stoffe nach § 2 Abs. 1 des Atomgesetzes eingefügt sind, sowie von Anlagen zur Erzeugung ionisierender Strahlen (bauartzugelassene Vorrichtungen) kann auf Antrag des Herstellers oder Verbringers der Vorrichtung zugelassen werden, wenn die Voraussetzungen nach Anlage V erfüllt sind...“<sup>53</sup>

§26 StrlSchV verpflichtet die Genehmigungsbehörde im Falle der erfolgreichen Bauartgenehmigung nach §25 StrlSchV zur Erteilung eines Zulassungsscheins:

- „ Wird die Bauart nach § 25 Abs. 1 zugelassen, so hat die Zulassungsbehörde einen Zulassungsschein zu erteilen. In diesen sind aufzunehmen, die für den Strahlenschutz wesentlichen Merkmale der Vorrichtung, der zugelassene Gebrauch der Vorrichtung, inhaltliche Beschränkungen, Auflagen für den Inhaber der Vorrichtung und Befristungen, das Bauartzeichen, Angaben, mit denen die Vorrichtung zu versehen ist, ein Hinweis auf die Pflichten des Inhabers der Vorrichtung nach § 27 Abs. 2 bis 6 und bei einer Vorrichtung, die radioaktive Stoffe enthält, Anforderungen an die Rückführung der Vorrichtung an den Zulassungsinhaber oder an die Entsorgung der Vorrichtung...“<sup>54</sup>

---

<sup>51</sup> Bundesamt für Justiz, Strahlenschutzverordnung, §12.

<sup>52</sup> Vgl. Lohr, Strahlentherapie kompakt, 2007, S. 318.

<sup>53</sup> Bundesamt für Justiz, Strahlenschutzverordnung, §25.

<sup>54</sup> Ebenda, §26.

§27 StrlSchV verpflichtet den Inhaber einer Bauartzulassung zur Qualitätskontrolle:

- „Der Zulassungsinhaber hat vor einer Abgabe, der gefertigten bauartzugelassenen Vorrichtung, eine Qualitätskontrolle durchzuführen, um sicherzustellen, dass diese den für den Strahlenschutz wesentlichen Merkmalen der Bauartzulassung entsprechen und mit dem Bauartzeichen und weiteren von der Zulassungsbehörde zu bestimmenden Angaben versehen werden...“<sup>55</sup>

Die strahlentherapeutische Tätigkeit muss darüber hinaus nach §83 StrSchV bei der Behörde angemeldet werden.<sup>56</sup> §83 StrSchV fördert die Qualitätssicherung der medizinischen Strahlenanwendung. Von einer unabhängigen ärztlichen Stelle werden Prüfungen zur Qualitätssicherung durchgeführt. Die Behörde legt fest, wie die Prüfungen durchgeführt werden und gewährleistet, dass die Behandlung mit ionisierenden Strahlen am Menschen mit dem aktuellen Stand der medizinischen Wissenschaft durchgeführt wird. Überdies ist sichergestellt, dass die angewendeten Bestrahlungseinrichtungen, Geräte und Ausrüstungen auf dem gegenwärtigen Stand von Wissenschaft und Technik sind, damit sämtliche Qualitätsstandards eingehalten werden und die Strahlenexposition für den Menschen minimal ist.<sup>57</sup> Die Anmeldung für die strahlentherapeutische Tätigkeit ist bei der Behörde nachzuweisen. Von der ärztlichen Stelle wird die rechtfertigende Indikation gemäß §80 StrSchV überprüft. Es werden Möglichkeiten zur Verbesserung der Strahlentherapie überprüft und ob die Strahlenanwendung nach dem Stand der Heilkunde durchgeführt wird. Indikation beschreibt in der Medizin die Rechtfertigung einer bestimmten Behandlungsweise für eine Krankheit oder entsprechende Diagnose. Vor der erstmaligen Bestrahlung eines Patienten ist durch den Strahlenschutzverantwortlichen eine unabhängige Sachverständigenprüfung zu veranlassen, betreffs sicherer technischer Funktionen und Einhaltung der Strahlenschutzmaßnahmen.<sup>58</sup> Für einen erfolgreichen Antrag muss der zukünftige Betreiber eine sogenannte Merkpostenliste ausfüllen, welche Rückschlüsse auf den baulichen und gerätetechnischen Strahlenschutz zulassen. Der genaue Titel des Leitfadens ist: „Merkposten zu Antragsunterlagen in den Genehmigungsverfahren für Anlagen zur Erzeugung ionisierender Strahlen nach §11 Abs. 1 und 2 StrlSchV“. Wenn

---

<sup>55</sup> Ebenda, §27.

<sup>56</sup> Vgl. Lohr, Strahlentherapie kompakt, 2007, S. 318.

<sup>57</sup> Vgl. Bundesamt für Justiz, Strahlenschutzverordnung, §83.

<sup>58</sup> Vgl. Lohr, Strahlentherapie kompakt, 2007, S. 318.

es sich nicht um den ersten Antrag handelt, kann, auf frühere Anträge verwiesen werden, wenn sich die Angaben nicht verändert haben.<sup>59</sup> Die Antragsunterlagen umfassen unter anderem:

(1) „Allgemeine Angaben

- Strahlenschutzverantwortlicher
- Errichter und Hersteller der Anlage
- Standort der Anlage
- Land, Gemeinde, Straße, Gebäude Nr., Gemarkung, Flurstück, Lageplan
- Beschreibung der Einordnung des Standortes in dessen Umgebung
- dem Antragsteller bereits erteilte strahlenschutzrechtliche Genehmigungen
- vom Antragsteller in Zusammenhang mit dem Sicherheitsbericht beantragte Genehmigungen nach StrSchV

(2) Angaben über ökologische Verhältnisse am Standort

- Vorbelastung der Umgebung
- Meteorologische Daten
- Hydrologische Daten
- Wasser- und Bodennutzung
- Örtliche Besonderheiten

(3) Zweck der Anlage

- Bestrahlung von Menschen in Ausübung der Heilkunde und Zahnheilkunde
- Bestrahlung belebter Objekte mit Ausnahme der Heilkunde und Zahnheilkunde am Menschen
- Bestrahlung von Objekten, die unter das Arzneimittel-, Lebensmittel- und Bedarfsgegenstände oder Futtermittelgesetz fallen
- Bestrahlung sonstiger Objekte

(4) Aufbau der Anlage

- Daten, Konstruktion und Funktionen zur Erzeugung, Führung und Anwendung des Strahls
- Angaben zur Errichtung

---

<sup>59</sup> Interview Neuhäuser, Hendrik, Uniklinik Dresden, 06.08.2012.

#### (5) Betrieb der Anlage

- Betriebsweise
- Prüfung und Wartung
- Aufzeichnungs- und Anzeigepflichten
- Organisation und Verantwortung
- Ausbildung des Betriebspersonals
- Betriebsvorschriften
- Strahlenschutzanweisung nach §34 StrSchV

#### (6) Strahlenexposition

- Strahlenexposition in den Kontroll- und Überwachungsbereichen
- Strahlenexposition außerhalb der Strahlenschutzbereiche
- Aktivierungen
- Strahlenschutzrelevante Systeme
- Strahlenschutzüberwachungssysteme

#### (7) Sicherheitsrelevante Vorkehrungen, Sicherung

- Brandschutzmaßnahmen
- Vorbereitung der Schadensbekämpfung
- Sicherungsmaßnahmen

#### (8) Sicherheitsbetrachtungen

- Verbleiben von Personen im Sperrbereich nach Einschalten des Strahls durch Versagen des Abbruchsystems
- Eintritt des Strahls oder erhöhter Sekundärstrahlung in zugängliche Teilbereiche der Anlage oder in Bereiche außerhalb der Anlage durch Versagen von Strahlverriegelungen
- Versagen der Verhütung von Abweichungen vom vorgesehenen Betriebszustand der Anlage dienenden Kontrollsystem und der Überwachungssysteme
- Versagen der Abscheidevorrichtungen für radioaktive Stoffe in Abluft und Abwasser
- Sonstige Gefährdung von Personen innerhalb der Anlage

#### (9) Stilllegung der Anlage oder von Anlageteilen

- Abschätzung der zu erwartenden Radioaktivität bei Stilllegung mit Angabe über große unzerlegbare radioaktive Komponenten

- Vorschläge zur Weiterverwendung und zur Beseitigung der radioaktiven Teile
- Beschreibung zur Prüfung der Voraussetzungen zur Freigabe
- Nachweis der Deckungsvorsorge nach der Atomrechtlichen Deckungsvorsorgeverordnung<sup>60</sup>

Unabdingbar für einen erfolgreichen Antrag sind ebenso bauliche und räumliche Voraussetzungen. Die Behandlung mit ionisierender Strahlung in Ausübung der Heilkunde erfordert spezielle Räumlichkeiten. Zum Betrieb eines Elektronenbeschleunigers ist es erforderlich, Strahlenschutzbereiche einzurichten, so dass der Aufenthalt von Personen möglich ist. Es darf nur in allseits umschlossenen Räumen bestrahlt werden.<sup>61</sup> Die Strahlenschutzbereiche sind untergliedert in den Sperrbereich, den Kontrollbereich, den betrieblichen und außerbetrieblichen Überwachungsbereich. (Abb. 9)<sup>62</sup>

Die Anforderungen an die Räume zum Betrieb eines medizinischen Linearbeschleunigers werden in der DIN 6847-2 definiert. Der Titel lautet: Medizinische Elektronenbeschleuniger – Anlagen – Teil 2: Regeln für die Auslegung des baulichen Strahlenschutzes. Die aktuelle Ausgabe ist die Fassung von September 2008.

- a) Anhand der Grenzwerte für effektiv vorhandene Körperdosen in den Strahlenschutzbereichen müssen bauliche Strahlenschutzvorkehrungen getroffen werden. Die Strahlenschutzbereiche bestimmen genau, wie hoch die maximale Dosis in den Bereichen sein darf. In diesen Bereichen bestehen für Personen Aufenthalts- und Zutrittsbeschränkungen. Für beruflich strahlenexponierte Personen ist außerhalb des Kontrollbereiches, für die Bemessung des Strahlenschutzes eine maximale Dosis von 6 mSv pro Jahr zugrunde zu legen. Für eine beruflich nicht strahlenexponierte Person ist für die Bemessung des Strahlenschutzes eine maximale Dosis von 1 mSv pro Jahr zugrunde zu legen. Der Betriebsablauf innerhalb der Bestrahlungsräumlichkeiten und der gesamten Organisation sollte durch die Errichtung der Strahlenschutzbereiche möglichst wenig gestört werden. Auf Grund dessen, müssen die Aufenthalts- und

<sup>60</sup> Sächsisches Landesamt für Umwelt, Merkposten Genehmigungsverfahren.

<sup>61</sup> Vgl. Lohr, Strahlentherapie kompakt, 2007, S. 318 ff.

<sup>62</sup> Vgl. Sauer, Strahlentherapie und Onkologie, 1998, S.468.

Arbeitsorte, die unmittelbar für den Betrieb der medizinischen Beschleuniger zwingend sind, in Strahlenschutzbereichen liegen. Diese sind durch Raumgrenzen zusammenzulegen und nach den gültigen Rechtsnormen in Kontroll- und Überwachungsbereiche aufzuteilen.

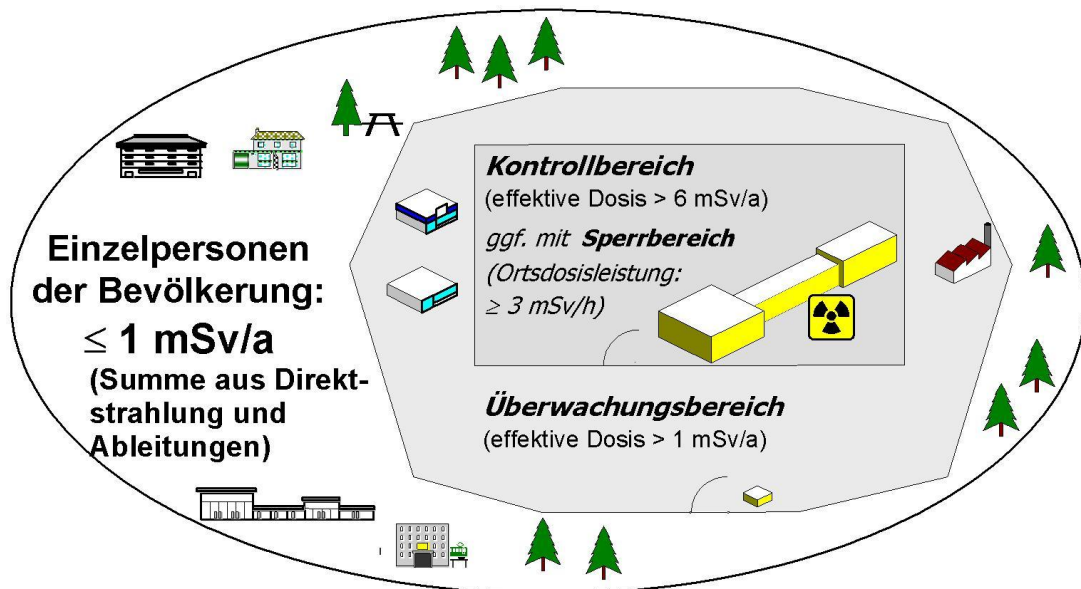


Abbildung 9: Darstellung der Strahlenschutzbereiche<sup>63</sup>

- b) Es sind Räumlichkeiten für den klinischen Betrieb, die physikalisch technischen Arbeitsabläufe und die Energieversorgung notwendig. Unabhängig davon muss mindestens ein Bestrahlungsraum und ein davon gesonderter Bedienraum eingerichtet werden.
- c) Es ist zu gewährleisten, dass sich während der Bestrahlung nur der Patient im Bestrahlungsraum befindet. Im übrigen Sperrbereich darf sich niemand aufhalten und es muss permanent möglich sein, diese Räume zu verlassen.
- d) Wenn eine Person den Bestrahlungsraum während einer Bestrahlung betritt, muss gewährleistet sein, dass sich die Strahlung durch Öffnen eines Kontakts im Sicherheitsstromkreis sofort abschaltet. Wenn der übrige Sperrbereich bei der Bestrahlung auch betreten werden kann, gilt für diesen das Gleiche.
- e) Durch Betätigung eines Schalters im Sperrbereich und der damit verbundenen Öffnung eines Kontakts im Sicherheitsstromkreis muss es möglich sein, die

<sup>63</sup> Jülich Forschungszentrum, <http://www2.fz-juelich.de>, abgerufen am 13.09.2012.

Bestrahlung jederzeit abzuschalten und die Einschaltbereitschaft des Beschleunigers zu blockieren.

- f) In absolut jedem Punkt des Sperrbereiches muss erkennbar sein, ob die Strahlung eingeschaltet ist.
- g) Auch an sämtlichen Zugängen des Sperrbereiches muss erkennbar sein, ob die Strahlung eingeschaltet ist.
- h) Jeder Zugang des Kontrollbereiches, zu dem auch der Sperrbereich gehört, muss durch ein Warnzeichen für ionisierende Strahlung gekennzeichnet sein. (Abb.10)
- i) Der Patient muss vom Bedienraum für das betreuende Personal einsehbar sein und die Kommunikation ist durch eine Sprechverbindung zwischen Patient und dem Personal zu gewährleisten.



**Abbildung 10: Zutritt Kontrollbereich<sup>64</sup>**

Die Behandlung mit ionisierender Strahlung erfordert strenge Anforderungen an den baulichen Strahlenschutz. Durch neue Behandlungsmethoden wie beim Einsatz von IMRT (intensitätsmodulierte Strahlentherapie) werden die Anforderungen an den baulichen Strahlenschutz in Zukunft weiter steigen.

Durch den Anwender, ist nach dem §94 des Arzneimittelgesetzes die Deckungsvorsorge zu bestellen, eine spezielle Haftpflichtversicherung.

---

<sup>64</sup> eigenes Bild.



Strahlentherapiegeräte sind einmal pro Jahr durch den Hersteller oder durch eine vom Hersteller benannte Stelle zu warten. Die zu erstellenden Wartungsberichte und Reparaturberichte sind 30 Jahre aufzubewahren. Der Betrieb darf erst nach erfolgter Freigabe durch den Strahlenschutzexperten wieder aufgenommen werden. Während der Wartungsintervalle hat der Strahlenschutzexperte, den Strahlenschutz zu gewährleisten. Nach einer Wartung erfolgt innerhalb von sechs Monaten nochmals eine Überprüfung durch einen unabhängigen Sachverständigen.<sup>65</sup>

## **5.4 Umsetzung aus planerischer Sicht nach HOAI**

„Die HOAI (Honorarordnung für Architekten und Ingenieure) ist eine Verordnung, welche die Berechnung der Entgelte, für die Leistungen der Architekten und Architektinnen und der Ingenieure und Ingenieurinnen (Auftragnehmer oder Auftragnehmerinnen) mit Sitz im Inland regelt, soweit die Leistungen, durch diese Verordnung erfasst und vom Inland aus erbracht werden.“<sup>66</sup> Die HOAI erfüllt den Zweck, dass geistige Leistungen von Architekten und Ingenieuren nicht einem Preiswettbewerb zugänglich gemacht werden. Es handelt sich um eine Mindest- und Höchstpreisverordnung, welche es den Parteien entzieht, freie Honorare auszuhandeln.

Nach Anhang 11 zu den §§ 33 und 38 Abs. 2 beschreibt die HOAI neun Leistungsphasen, welche in Summe 100% der Architekten- und Ingenieurleistung ergeben. Die Planung eines Bauwerks und die jeweiligen Leistungsphasen sind in Abb. 11 zusammengefasst.

### **Leistungsphase 1: Grundlagenermittlung (3%)**

Nach Klärung der Aufgabenstellung wird mit den eigentlichen Planungsarbeiten begonnen. Eine genaue Abgrenzung der Arbeiten erfolgt jedoch häufig erst in der Vorplanung (Leistungsphase 2), weil der Planer an dieser Stelle noch vor einem großen Spektrum an möglichen Arbeiten steht. Äußerst wichtig ist, die erarbeitenden Ergebnisse zusammen zu fassen, um anhand der gewonnenen Daten, etwaige Informationsdefizite beim Auftraggeber aufzudecken, damit der Leistungsumfang des

---

<sup>65</sup> Vgl. Lohr, Strahlentherapie kompakt, 2007, S. 320 ff.

<sup>66</sup> HOAI, 2010, §1.

Architekten bzw. Ingenieurs geklärt ist.<sup>67</sup>

### **Leistungsphase 2: Vorplanung (7%)**

Die Ergebnisse der Grundlagenermittlung werden analysiert. Die Analyse bildet den Ausgangspunkt für die Erarbeitung von Zielvorstellungen, incl. der Randbedingungen und Zielkonflikte. Nach Zusammenstellen der Randbedingungen wird mit der zielgerichteten Planung des Projektes begonnen und ein planungsbezogener Zielkatalog erstellt. In dieser Phase der Planung sind Genehmigungsbehörden zu kontaktieren, um die Genehmigungsfähigkeit der möglichen Varianten sicherzustellen. Bei mehreren Varianten wird eine Vorzugsvariante festgelegt, welche für die weitere Planung vorzusehen ist. Mit dem Erarbeiten eines Planungskonzepts werden gleichzeitig alternative Lösungsmöglichkeiten nach gleichen Anforderungen, d.h. bei gleichen Zielvorstellungen und unveränderlichem Zielkatalog erarbeitet, um die Planung zu präzisieren. Um die Realisierbarkeit schwieriger Bauvorhaben zu überprüfen, ist es erforderlich, geeignete Fachfirmen in das Projekt zu involvieren. Unter Umständen muss ein Teil der Planungsaufgaben an die Fachfirmen vergeben werden, um Problemen durch mangelnde Fachkunde des Planers vorzubeugen.<sup>68</sup> „Städtebauliche, gestalterische, funktionale, technische, bauphysikalische, wirtschaftliche, energiewirtschaftliche Zusammenhänge, Vorgänge und Bedingungen, sowie der Belastung und Empfindlichkeit der betroffenen Ökosysteme, sind zu klären und erläutern.“<sup>69</sup> Darüber hinaus sind über die Genehmigungsfähigkeit des Projekts Vorverhandlungen mit Behörden und anderen fachlich Beteiligten zu führen. Der Planungsschritt der Vorplanung enthält eine Kostenschätzung nach DIN 276 und zum Abschluss das Zusammenstellen aller Vorplanungsergebnisse für den Auftraggeber.<sup>70</sup>

### **Leistungsphase 3: Entwurfsplanung (11%)**

Ausgehend von den Ergebnissen der Vorplanung und den Beiträgen und Vorgaben der beteiligten Fachfirmen wird ein vollständiger Entwurf erarbeitet. Es werden Verhandlungen mit den an dem Projekt beteiligten Behörden und Fachplanern geführt, um die Genehmigungsfähigkeit des Entwurfes sicherzustellen. Der Entwurf beinhaltet

---

<sup>67</sup> Vgl. Pfaff-Schley, Management Altlasten-Bearbeitung, 1996, S. 120ff.

<sup>68</sup> Vgl. Pfaff-Schley, Management Altlasten-Bearbeitung, 1996, S. 121ff.

<sup>69</sup> HOAI, 2010, Anlage 11, Leistungsphase 2 Vorplanung, S. 224, L.ph. 2 Abs. f.

<sup>70</sup> Vgl. Pfaff-Schley, Management Altlasten-Bearbeitung, 1996, S. 121ff.

das gesamte Durcharbeiten des Planungskonzeptes mit den Randbedingungen und den wichtigsten Ergebnissen aus der Grundlagenermittlung. Zum Entwurf gehören auch, eine detaillierte Kostenberechnung nach DIN 276, sowie eine zeichnerische Darstellung des Gesamtentwurfs.<sup>71</sup>

#### **Leistungsphase 4: Genehmigungsplanung (6%)**

Im Rahmen der Genehmigungsplanung werden alle Vorlagen erarbeitet, die nach den öffentlich rechtlichen Vorschriften erforderlich sind, um die Genehmigungen und Zustimmungen bei den Genehmigungsbehörden auf Grundlage der Entwurfsplanung zu erhalten. Wenn die erforderlichen Unterlagen bei den Genehmigungsbehörden eingereicht sind, kann es gegebenenfalls noch zu Anpassungen der Unterlagen durch den Planer kommen. Nach Abschluss der Genehmigungsplanung werden die eingereichten Unterlagen ausführlich durch die Genehmigungsbehörde geprüft.

#### **Leistungsphase 5: Ausführungsplanung (25%)**

Die Ergebnisse der vorangegangenen Planungsphasen drei und vier werden durchgearbeitet und in eine ausführungsreife Lösung gebracht. Es erfolgt eine Anfertigung der Arbeits- und Ausführungspläne auf Basis der genehmigten Planungsunterlagen, auf deren Grundlage die Ausführung der Arbeiten machbar ist. Arbeits- und Ausführungspläne sind durch den Planer auch für evtl. andere an der Planung fachlich Beteiligte zu erstellen. Es erfolgt wiederum eine zeichnerische Darstellung mit relevanten Einzelangaben zum Objekt.<sup>72</sup>

#### **Leistungsphase 6: Vorbereitung der Vergabe (10%)**

Der Planer kalkuliert Mengen, als Basis für das Aufstellen von Leistungsbeschreibungen und anschließender Formulierung des Leistungsverzeichnisses nach verschiedenen Leistungsbereichen. Die Leistungsbeschreibungen werden mit den anderen an der Planung fachlich Beteiligter koordiniert und abgestimmt.<sup>73</sup>

---

<sup>71</sup> HOAI, 2010, Anlage 11, Leistungsphase 3 Entwurfsplanung, S. 225, L.ph. 3 Abs. f.

<sup>72</sup> Vgl. HOAI, 2010, Anlage 11, Leistungsphase 4, 5 Ausführungsplanung, S. 225.

<sup>73</sup> Vgl. HOAI, 2010, Anlage 11, Leistungsphase 6 Vorbereitung der Vergabe, S. 226.

### **Leistungsphase 7: Mitwirkung bei der Vergabe (4%)**

Die Vergabe der Aufträge erfolgt durch den Auftraggeber. Aufgabe des Planers ist es die Vergabe- und Vertragsunterlagen für alle Leistungsbereiche zusammenzustellen und Angebote verschiedener Firmen einzuholen. Wenn der Bauherr über eine eigene Abteilung der Ausschreibung verfügt, werden die Leistungsverzeichnisse durch diese Abteilung geprüft und öffentlich ausgeschrieben. Die Vergabe der Leistungen an die Unternehmer erfolgt nach der Vergabeordnung für Bauleistungen (VOB). Jede Firma welche ein Angebot abgeben möchte, erhält umfangreiche Planunterlagen über das Bauprojekt. Es erhält die Firma den Zuschlag, die das wirtschaftlichste Angebot abgibt. Dazu wird das Leistungsverzeichnis des Architekten ausgefüllt, um die Angebote transparent vergleichen zu können.<sup>74</sup>

### **Leistungsphase 8: Objektüberwachung (Bauüberwachung) (31%)**

Der Planer überwacht die Ausführung der Baumaßnahmen in Übereinstimmung mit den zur Ausführung genehmigten Unterlagen, nach dem Bauvertrag, sowie nach den allgemein anerkannten Regeln der Technik und den einschlägigen Vorschriften. Der Planer hat ein Bautagebuch zur Objektdokumentation und einen Zeitplan für die Baumaßnahmen anzufertigen. Fertiggestellte Baumaßnahmen sind abzunehmen und Mängel zu dokumentieren. Eine Rechnungsprüfung und Kostenfeststellung nach DIN 276 ist durchzuführen. Die Durchführung von behördlichen Abnahmen ist zu organisieren. Die Übergabe des Projektes ist durch den Planer durchzuführen. Zum Schluss sind Verjährungsfristen für Mängelansprüche des Auftraggebers anzufertigen.<sup>75</sup>

### **Leistungsphase 9: Objektbetreuung und Dokumentation (3%)**

Der Planer hat die Aufgabe Gewährleistungsfristen zu überwachen.

Vor Ablauf der Verjährungsfristen wird eine Objektbegehung mit dem Bauherrn durchgeführt, um eventuelle Mängelansprüche gegenüber den bauausführenden Unternehmen zu stellen. Es müssen Bauleistungen überwacht werden, die innerhalb der Verjährungsfristen durchgeführt werden.<sup>76</sup>

---

<sup>74</sup> Vgl. HOAI, 2010, Anlage 11, Leistungsphase 7 Mitwirkung bei der Vergabe, S. 226.

<sup>75</sup> Vgl. HOAI, 2010, Anlage 11, Leistungsphase 8 Objektüberwachung, S. 226.

<sup>76</sup> Vgl. HOAI, 2010, Anlage 11, Leistungsphase 9 Objektbetreuung und Dokumentation, S. 227.

## Planung eines Bauwerks von der Idee bis zur Ausführung gemäß HOAI

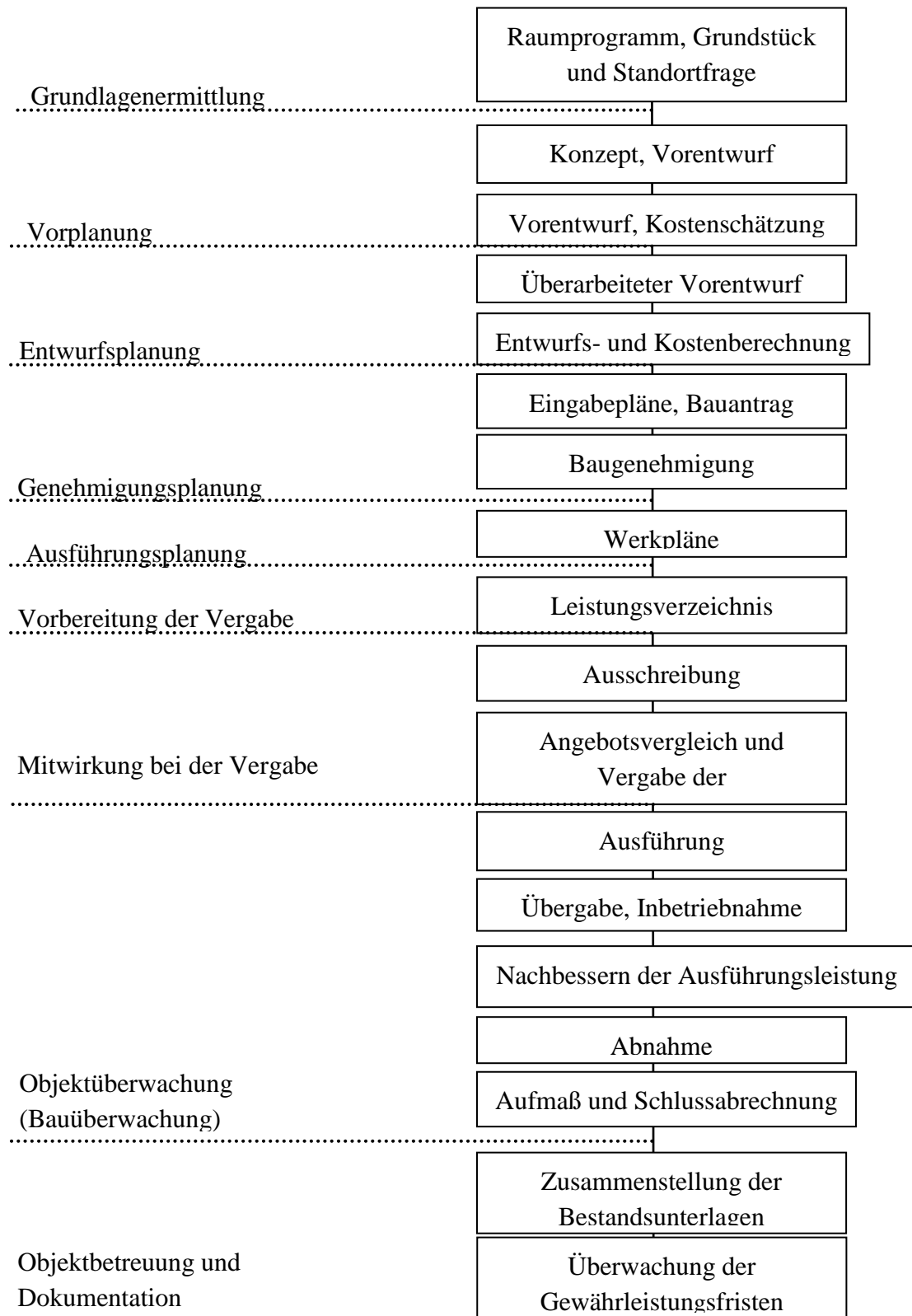
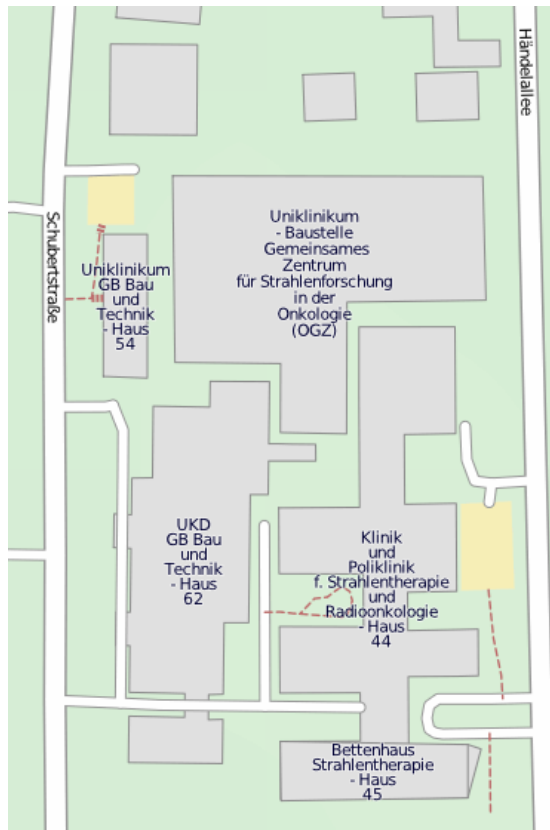


Abbildung 11: Planung eines Bauwerks von der Idee bis zur Ausführung gemäß HOAI<sup>77</sup>

<sup>77</sup> Eigene Darstellung nach: Burkhardt, Projektierung von Warmwasserheizungen, 2006, S. 2.

## 6. Der neue Linearbeschleuniger

### 6.1 Untersuchung der räumlichen Möglichkeiten zur Einordnung des 4. Linearbeschleunigers



Die Klinik und Poliklinik für Strahlentherapie und Radioonkologie hat ca. 1500 m<sup>2</sup> Nutzfläche im Untergeschoss und 2000m<sup>2</sup> im Erdgeschoss. Abbildung 12 zeigt den Lageplan des Klinikgeländes. Im Norden grenzt das Gebäude des Hauses 44 an das Baufeld des gemeinsamen Zentrums für Strahlenforschung und Onkologie an. Im Westen liegt das Verwaltungsgebäude des Geschäftsbereiches Bau und Technik. Im Süden befindet sich das Bettenhaus für den Aufenthalt von stationären Patienten und im Osten befindet sich die Händelallee mit dem Haupteingang des Klinikgeländes. Die Erschließung über das Campusgelände

Abbildung 12: Lageplan Bereich Schubertstraße / Händelallee<sup>78</sup>

erfolgt über die Schubertstraße und ist gleichzeitig der Anlieferungseingang.

Für die Errichtung eines 4. Linearbeschleunigers in der Klinik für Strahlentherapie und Radioonkologie werden drei Möglichkeiten untersucht.

Aufgrund der vorhandenen baulichen Situation im östlichen Teil des Klinikkomplexes kann es nur sinnvoll sein, den 4. Linearbeschleuniger in den Gebäudekomplex des Hauses 44 zu integrieren. Eventuelle Aufstellungen am Gebäude 45 oder 62 wurden aufgrund mangelnder Baufreiheit und schlechter Anbindungsmöglichkeiten an die bestehenden Funktionseinheiten im Haus 44 verworfen. Eine Integration des 4. Linearbeschleunigers in Haupt- bzw. Liefereingang wird ausgeschlossen.

<sup>78</sup> www.openstreetmap.de, 06.09.2012.

Im Erdgeschoss der Klinik befinden sich alle Funktionseinheiten der strahlentherapeutischen Allgemeinbetreuung (Abb. 13). Entlang eines zentralen Erschließungsflures befinden sich rechts und links Gebäudeflügel. Im ersten linken Gebäudeflügel befinden sich Wartebereiche für Patienten, das Büro der Verwaltungsdirektorin und Räumlichkeiten der Simulation und Lokalisation. Im zweiten Gebäudeflügel links befindet sich das PET-CT. Im ersten Flügel rechts befinden sich Verwaltungsräume der Ärzte. Der zweite rechte Gebäudeflügel beinhaltet einen Doppelbunker mit einem Linearbeschleuniger und einem Gerät zur Brachytherapie. In dem daran angrenzenden Anbau sind vier Studenten untergebracht. Im dritten rechten Gebäudeflügel sind zwei Linearbeschleuniger installiert. In Zusammenarbeit mit der Firma Drees & Sommer Projektmanagement und bautechnische Beratung GmbH wurde eine Machbarkeitsstudie für den 4. Linearbeschleuniger erstellt, welche die Grundlage für dieses Kapitel bildet.

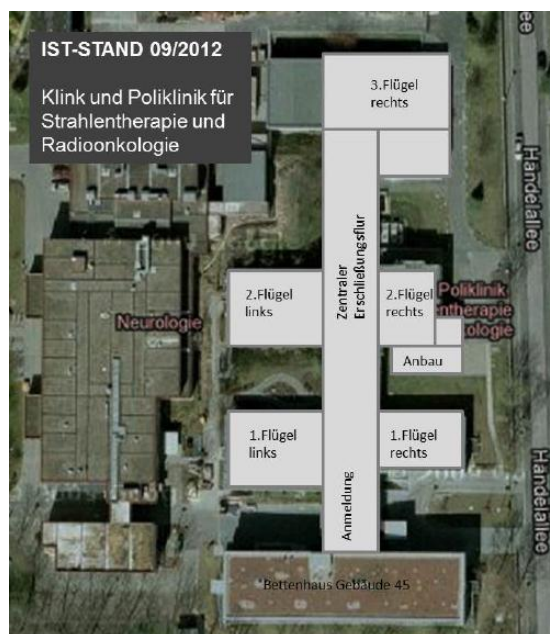


Abbildung 13: Ist- Stand Erdgeschoss<sup>79</sup>

<sup>79</sup> Machbarkeitsstudie Drees & Sommer, S. 2.

### 6.1.1 Möglichkeit 1



Die Möglichkeit 1 (Abb. 14) sieht vor den 4. Linearbeschleuniger zwischen dem 1. und 2. rechten Gebäudeflügel ebenerdig einzuordnen. Der Doppelbunker im 2. Gebäudeflügel mit Linearbeschleuniger und Brachytherapie bleibt dabei unberührt. Der Vorbereitungs- und Bedienraum für die Brachytherapie sowie der Arbeitsraum für die Studenten werden vollständig abgebrochen und an der Ostseite des Doppelbunkers wieder aufgebaut, um Platz für den neuen

Abbildung 14: Variante 1<sup>80</sup>

Strahlenschutzbunker zu schaffen. Für die Errichtung eines 4. Linearbeschleunigers sind für diese Variante weitere Räume vorgesehen:

- Bedienraum
- Vorraum
- Technikraum / Elektroleittechnik
- 2 Umkleideräume für Patienten
- 1 WC für Patienten
- Umkleidebereich für Patienten/ Schleuse für Personal
- Büro, Verwaltung, Physikerraum und Aufenthalt

Die Verwaltungs- und Büroräume unmittelbar entlang des zentralen Erschließungsflures müssen diesen notwendigen Räumen weichen und entsprechend umgebaut werden. Dies dient dazu, dem Linearbeschleuniger ein Bedienraum, Technikraum, Umkleideraum, Vorraum und WC zuzuordnen. Die bisherigen Verwaltungs- und Büroräume werden gegenüber zwischen dem 1. und 2. Flügel links wieder aufgebaut, um für das Gebäude ein schlüssiges Gesamtkonzept zu erhalten. Es wäre günstig, die Baumaßnahmen in drei Bauabschnitten zu realisieren. Zuerst wäre die Errichtung des neuen Bedienraumes für die Brachytherapie sinnvoll mit den angrenzenden Räumen Büro, Aufenthalt und Arbeitsraum für Studenten. Danach kann mit dem Rückbau des jetzigen Bedienraumes

<sup>80</sup> Machbarkeitsstudie 4. Linearbeschleuniger Drees & Sommer, S. 7.



begonnen werden, um Ausfallzeiten der Brachytherapie auszuschließen. Im zweiten Bauabschnitt erfolgt der Anbau neuer Büroräume zwischen dem 1. und 2. linken Gebäudeflügel. Der dritte Bauabschnitt ist der Abriss des Anbaus und die Errichtung des neuen Strahlenschutzbunkers mit den dazugehörigen Nebenräumen. Während des Bauabschnittes 2 und 3 ist der zentrale Erschließungsflur für Patienten und Personal abzusperren. Um die Funktionen der Klinik aufrecht zu erhalten, hat der Bauherr eine Anbindung, an die weiteren Funktionseinheiten der Klinik zu schaffen, was über den 2. linken Gebäudeflügel sinnvoll erscheint.

Die Möglichkeit 1 stellt eine sinnvolle Variante zur Einordnung des 4. Linearbeschleunigers dar. Die neun Funktionseinheiten werden sich nach Fertigstellung der Baumaßnahmen optimal in die Arbeitsabläufe für das Bedienpersonal und das Betriebskonzept der Klinik einordnen. Der Einbau und die Lieferung kann unproblematisch über die Händelallee realisiert werden.

Nachteile dieser Variante sind die Einschränkungen für die Patienten und den Betriebsablauf, wenn während der Baumaßnahme 2 und 3 der zentrale Erschließungsflur abgesperrt wird und der Zugang zu den anderen Funktionseinheiten der Klinik separat angelegt werden muss.<sup>81</sup>



**Abbildung 15: Standort Händelallee mit Blick auf 1. Flügel rechts und Anbau<sup>82</sup>**

<sup>81</sup> Vgl. Machbarkeitsstudie 4. Linearbeschleuniger Drees & Sommer, S. 7ff.

<sup>82</sup> eigenes Bild.

### 6.1.2 Möglichkeit 2



Die Möglichkeit 2 (Abb. 16) sieht vor den 4. Linearbeschleuniger ebenfalls zwischen dem 1. und 2. rechten Gebäudeflügel einzuordnen, den Anbau jedoch vollständig zu erhalten. Der zentrale Erschließungsbereich wird im Untergeschoss teilweise umgebaut. Teile des Betriebsraum und des Lagers müssen zum Teil rückgebaut und an anderer Stelle wieder hergerichtet werden. Für die Erschließung zwischen Untergeschoss und Erdgeschoss ist die Installation eines Aufzuges notwendig. Diese Variante ist auf

Abbildung 16: Variante 2<sup>83</sup>

die wesentlichen Funktionseinheiten der Strahlentherapie begrenzt. Die Räume für Physiker, Büro und Aufenthaltsbereiche werden im Erdgeschoss untergebracht.

Für die Errichtung eines 4. Linearbeschleunigers sind für diese Variante weitere Räume vorgesehen:

- Bedienraum
- Vorraum
- Technikraum / Elektrotechnik
- 2 Umkleieräume für Patienten
- 1 WC für Patienten

Der Zugang zum neuen Bunker wird so ausgerichtet, dass eine niveaugleiche Anbindung des Erschließungsweges an den 4. Linearbeschleuniger gewährleistet ist. Aufgrund der aus dem Strahlenschutz resultierenden Deckenstärken wird der Deckenbereich des neuen Bunkers je nach Fundamentplan und Strahlenschutzplan bis zu 1,5 m über der Erdoberfläche liegen. Daraus ergibt sich der Vorteil, dass für die Bürofensterflächen des 1. Flügels rechts keine Verschattung erfolgt.

<sup>83</sup> Machbarkeitsstudie 4. Linearbeschleuniger Drees & Sommer, S. 11.

### 6.1.3 Möglichkeit 3



Abbildung 17: Variante 3<sup>84</sup>

Für die Errichtung eines 4. Linearbeschleunigers, sind für diese Variante weitere Räume vorgesehen:

- Vorraum
- Elektroraum/ Elektrotechnik
- 2 Patientenräume
- 1 Umkleideraum Personal
- 1 WC für Patienten
- 1 Personalaufenthalt



Abbildung 18: Blick von Haus 62 auf 1. und 2. Flügel links<sup>85</sup>

Die Einordnung zwischen 1. und 2. Gebäudeflügel links ist platztechnisch realisierbar (Abb. 18). Der Bedienraum, der Umkleidebereich und ein Personalaufenthalt können an den Erschließungsflur angeschlossen werden und bilden mit dem Linearbeschleuniger eine abgeschlossene Funktionsabteilung. Großer Nachteil dieser Variante ist die mangelnde Baufreiheit durch das Haus 62 und die erhebliche Einschränkung des Tageslichts bei den vorhandenen Büroräumen im 1. und 2. Gebäudeflügel links.<sup>86</sup>

<sup>84</sup> Machbarkeitsstudie 4. Linearbeschleuniger Drees & Sommer, S. 14.

<sup>85</sup> eigenes Bild.

<sup>86</sup> Vgl. Machbarkeitsstudie 4. Linearbeschleuniger Drees & Sommer, S. 14ff.

## **Zusammenfassung**

Im Rahmen dieser Bachelorarbeit wurde die Klinik und Poliklinik für Strahlentherapie und Radioonkologie im Universitätsklinikum Dresden vorgestellt, welche die Grundlage für diese Arbeit bildet. Die technische Funktionsweise eines medizinischen Linearbeschleunigers ist erläutert und die Notwendigkeit der Klinikenerweiterung durch ein viertes Gerät ist untersucht worden, ebenso wie die Restnutzungsdauer der im Betrieb befindlichen Geräte. Dabei sind die Auswirkungen auf den Klinikbetrieb beim Bau eines vierten Strahlenschutz bunkers und bei Verbleib der jetzigen drei Strahlenschutz bunker aufgezeigt worden. Wesentliche Vorteile des Einbaus eines 4. Gerätes ist, dass die Patientenzahlen während des Austausches der Linearbeschleuniger hochgehalten werden können und sich der Mehraufwand für die Medizinphysiker in Grenzen hält. Der Austausch der Linearbeschleuniger bei drei Strahlenschutz bunkern bedeutet für das Klinikum einen erheblichen finanziellen und personellen Mehraufwand. Das Genehmigungsverfahren für den Bau von Strahlentherapieeinrichtungen ist aus städteplanerischer, bauordnungsrechtlicher und strahlenschutztechnischer Sicht betrachtet worden. In dem Zusammenhang wurden Informationen über den Flächennutzungsplan der Stadt Dresden, die Gebäudeklassen, die Krankenhausbauverordnung, das Bundes-Immissionsschutzgesetz und das Baugenehmigungsverfahren nach SächsBo erläutert. Zum Abschluss konnten in Zusammenarbeit mit der Firma Drees & Sommer Projektmanagement und bautechnische Beratung GmbH verschiedene Varianten zur Integration des vierten Linearbeschleunigers in den bestehenden Gebäudekomplex erarbeitet werden und die daraus resultierenden Vor- und Nachteile aufgezeigt werden. Die Möglichkeit 1 sieht vor den 4. Linearbeschleuniger zwischen dem 1. und 2. rechten Gebäudeflügel einzuordnen, mit vollständigem Abbruch des Anbaus. Die Möglichkeit 2 sieht vor den neuen Linearbeschleuniger ebenfalls zwischen dem 1. und 2. rechten Gebäudeflügel einzuordnen, jedoch mit vollständigem Erhalt des Anbaus und geringeren Einschränkungen der Funktionsabläufe im Klinikalltag. Die Möglichkeit 3 (Integration zwischen 1. und 2. Gebäudeflügel links) ist als nicht sinnvoll zu betrachten, angesichts schlechter Baufreiheit durch das Gebäude 62 und der Tageslichtproblematik für die vorhandenen Büroräume. Aufgrund der funktionalen Nutzungsabläufe und der daraus ergebenden Nutzungsmöglichkeiten des Gebäudes ist in der Zukunft die Möglichkeit 1 als Vorzugsvariante anzusehen.

## Quellenverzeichnis

### Primärliteratur:

- **Brenner, Michael:** [Öffentliches Baurecht, 2009] Start ins Rechtsgebiet, Öffentliches Baurecht, 3. Auflage, Heidelberg, C.F. Müller, Verlagsgruppe Hüthig Jehle Rehm GmbH, Jura auf den Punkt gebracht
- **Ewen, Klaus:** [Strahlenschutz an Beschleunigern, 1985] Strahlenschutz an Beschleunigern, 1. Auflage, Stuttgart, Teubner
- **Jarass Hans D., Prof. Dr.** [Bundes-Immissionsschutzgesetz, 2007] Bundes-Immissionsschutzgesetz (Online Ressource des Beck Verlag), Direktor des Instituts für Umwelt und Planungsrecht der Wilhelms-Universität Münster, Kommentar unter Berücksichtigung der Bundes-Immissionsschutzverordnungen, sowie der TA Luft und TA Lärm, 7. Auflage, C. H. Beck-Online, Die Datenbank
- **Jarass Hans D., Prof. Dr.** [Bundes-Immissionsschutzgesetz, 1993] Bundes-Immissionsschutzgesetz, Professor an der Ruhr-Universität Bochum, Kommentar, 2. Auflage, München, C. H. Beck
- **Karstens, J. H.; Janssen, St.; Werner, M.; Meyer, A.; Bruns, F. ; Meier, K.; Bremer, M.:** [Strahlentherapie und Radioonkologie, 2009]: Strahlentherapie und Radioonkologie uns interdisziplinärer Sicht , 5. Auflage, Berlin: Lehmanns Media, 2009.
- **Lohr, Frank; Wenz, Frederik:** [Strahlentherapie kompakt, 2007]: Strahlentherapie kompakt, 2. Auflage, München, Jena, Urban & Fischer.
- **Pfaff-Schley, Herbert:** [Management Altlasten-Bearbeitung, 1996] Management Altlasten-Bearbeitung, Verträge & Vergabe, Richtlinien, Handlungsempfehlungen, Praxisbeispiele, 1. Auflage, Taunusstein, Eberhard Blottner Verlag
- **Pütz, Manfred; Buchholz, Karl-Heinz** [Genehmigungsverfahren nach Bundes-Immissionsschutzgesetz,1997] Anzeige- und Genehmigungsverfahren nach dem Bundes-Immissionsschutzgesetz, Handbuch für Antragsteller und Genehmigungsbehörden mit Erläuterungen, Abwicklungshilfen und Beispielen, 6. Auflage, Düsseldorf, Erich Schmidt Verlag

- **Sauer, Rolf:** [Strahlentherapie und Radioonkologie, 1998]: Strahlentherapie und Radioonkologie für Technische Assistenten in der Medizin und andere an der Radioonkologie Interessierte, 3. Auflage, Erlangen, Urban & Schwarzenberg
- **Wurster, Hansjörg; Glocker, Sabine:** [Bauen in den neuen Ländern, 1994] Bauen in den neuen Ländern, Von der Bauplanung bis zur Baugenehmigung, 2. Auflage, Freiburg, Berlin, Rudolf Haufe Verlag
- **Wöckel Holger:** [Grundzüge des Immissionsschutzrechts, 2008] Grundzüge des Immissionsschutzrechts, Albert-Ludwig Universität Freiburg, Forschungszentrum für deutsches und internationales Umweltrecht (FZUR), [www.jura.uni-freiburg.de/institute/ioeffr3/forschung/papers.php](http://www.jura.uni-freiburg.de/institute/ioeffr3/forschung/papers.php), Freiburg, unbekannt

### **Zeitschriften/Broschüren**

- **Baumann, Michael, Prof. Dr.** [Patienteninformation, 2012], Patienteninformation, Universitätsklinikum Carl Gustav Carus, Klinikdirektor Klinik und Poliklinik für Strahlentherapie und Radioonkologie, Dresden, Ketchum Pleon, 2012
- **Beckmann, Isabell-Annett** [Krebsrisiko, 2011], Ihr Krebsrisiko Sind Sie gefährdet? , Deutsche Krebshilfe, Bonn, 2011
- **Deutsche Presse Agentur** [Immer mehr Krebserkrankungen in Sachsen, 2012], Sächsische Zeitung, Immer mehr Krebserkrankungen in Sachsen, 29.08.2012
- **Saeger, H.-D., Prof. Dr.** [Schriften, 2003], Schriften der Medizinischen Fakultät Carl Gustav Carus, Neue Folge, Band 6, Technische Universität Dresden, Medizinische Fakultät Carl Gustav Carus, 2003
- **Autor unbekannt** [Akademie Echo, 1968], Akademie Echo der medizinischen Akademie „Carl Gustav Carus“, SED - Hochschulparteioorganisation, Dresden, unbekannt, Jahrgang 10 Nr. 3, 12. März 1968

### **Internetquellen:**

- **Bundesamt für Strahlenschutz:** Ionisierende Strahlung, in: <http://www.bfs.de/de/ion>, abgerufen am 07.08.2012
- **Statistisches Landesamt des Freistaates Sachsen:** Medieninformation 202/2012, 25.09.2012, [http://www.statistik.sachsen.de/downloads/200\\_MI\\_2012/mi2012.pdf](http://www.statistik.sachsen.de/downloads/200_MI_2012/mi2012.pdf), abgerufen am 10.10.2012

## **Videothek:**

- **Deutsche Krebshilfe**, Die blaue DVD – Strahlentherapie, Bonn, 2011

## **Interviews:**

- **Geyer, Peter, Dr.**, Universitätsklinikum Dresden Carl Gustav Carus, Klinik und Poliklinik für Strahlentherapie und Radioonkologie, Leiter Klinische Strahlenphysik, 10.08.2012, persönlich
- **Neuhäuser, Hendrik**, Universitätsklinikum Dresden Carl Gustav Carus, Zentraler Bereich Recht, Strahlenschutz, 06.08.2012, persönlich
- **Melzer, Simone**, Universitätsklinikum Dresden Carl Gustav Carus, Leiterin Abteilung Ausschreibung, Vergabe, Abrechnung, Juni 2012, persönlich

## **Abbildungen:**

- **Burghardt, Wolfgang; Kraus, Roland** [Projektierung von Warmwasserheizungen, 2006] Oldenbourg Industrieverlag, 7. Auflage, S. 2
- **Jülich Forschungszentrum**, Geschäftsbereich Sicherheit und Strahlenschutz, Glossar Strahlenschutz, <http://www2.fz-juelich.de/gs/genehmigungen/glossar-strlsch/>, abgerufen am 13.09.2012
- **Landeshauptstadt Dresden**, Themenstadtplan, Flächennutzungsplan, [http://stadtplan.dresden.de/?TH=SPA\\_BPLAN](http://stadtplan.dresden.de/?TH=SPA_BPLAN) , abgerufen am 17.09.2012
- **LKG – Ingenieurbüro für Bautechnik, Dipl. – Ing. M. Eng. Wilfried Kunze**, Bundesvereinigung der Prüfeningenieure für Bautechnik e.V., <http://www.elkage.de/src/public/showterms.php?id=1146>, abgerufen am 02.09.2012
- **Pütz, Manfred; Buchholz, Karl-Heinz** [Genehmigungsverfahren nach Bundes-Immissionsschutzgesetz, 1997] Anzeige- und Genehmigungsverfahren nach dem Bundes-Immissionsschutzgesetz, S. 194
- **Vogt, Hans-Gerrit; Schultz, Heinrich** [Grundzüge des praktischen Strahlenschutzes, 2010] Grundzüge des praktischen Strahlenschutzes, 5. Auflage S. 194
- **Abbildung 2:** <http://www.strahlentherapie-erfurt.de/physik.html>
- [www.openstreetmap.de](http://www.openstreetmap.de), 06.09.2012

## **Juristische Quellen:**

- **Bundesamt für Justiz**, Verordnung über den Schutz vor Strahlen durch ionisierende Strahlung, StrSchV, idF v. 2002
- **Honorarordnung für Architekten und Ingenieure**, [HOAI,2010] idF v. 11. August 2009, S. 131
- **Richtlinie über den Bau und Betrieb von Krankenhäusern – Krankenhausbaurichtlinie (KhBauR)** – (auf der Grundlage der Muster-Krankenhausbauverordnung Fassung 1976)
- **Sächsisches Staatsministerium des Inneren**, Sächsische Bauordnung (SächsBo), idF v. 2004
- **Sächsisches Landesamt für Umwelt, Geologie und Landwirtschaft**, Merkposten zu Antragsunterlagen in den Genehmigungsverfahren für Anlagen zur Erzeugung ionisierender Strahlen nach §11 Abs. 1 und 2 StrlSchV, unbekannt
- **Sächsisches Staatsministerium des Inneren**, Verordnung des Sächsischen Staatsministeriums des Inneren zur Durchführung der Sächsischen Bauordnung (Durchführungsverordnung zur SächsBo – SächsBO-DurchführVO), 4. Auflage, Dresden, Saxonia Verlag für Recht, Wirtschaft und Kultur GmbH Schriftenreihe Recht – Sachsen, Heft 1



## **Selbstständigkeitserklärung**

Hiermit erkläre ich, dass ich die vorliegende Arbeit selbstständig und nur unter Verwendung der angegebenen Literatur und Hilfsmittel angefertigt habe.

Stellen die wörtlich oder sinngemäß aus Quellen entnommen wurden, sind als solche kenntlich gemacht.

Diese Arbeit wurde in gleicher oder ähnlicher Form noch keiner anderen Prüfungsbehörde vorgelegt.

Dresden, den 01. November 2012

## **Danksagung**

An dieser Stelle möchte ich mich recht herzlich bei Herrn Prof. Dr. Jörg Mehlig bedanken, für die Bereitschaft die Bachelorarbeit am Universitätsklinikum Dresden durchzuführen.

Ebenso möchte ich Herrn Dipl.-Ing. Thomas Woldt danken, der mir als betrieblicher Betreuer mit vielen und Ratschlägen und Hinweisen zur Seite stand.

Ebenso möchte ich mich, bei Herrn Dipl.-Ing. Steffen Kluge bedanken, für die Möglichkeit mein Praktikum im sechsten Semester im Universitätsklinikum Dresden durchzuführen und anschließend die Bachelorarbeit bearbeiten zu können.

Desweiteren möchte ich den Mitarbeitern des Universitätsklinikums, Frau Dipl.-Ing. Anett Knöfler, Herrn Dr. Peter Geyer und Herrn M.Sc. Hendrik Neuhäuser danken, die mir mit Rat und Tat zur Seite standen.

Ein besonderer Dank gilt meinen Eltern, die mich während der gesamten Studienzeit unterstützten.

## Anhang

### Anhang 1: Darstellung der Gebäudeklassen

Gebäudeklassen				
<b>GK 1a</b> freistehende Gebäude $OKF \leq 7\text{ m}$ $\leq 2$ Nutzungseinheiten $\Sigma NE \leq 400\text{ m}^2$ 	<b>GK 2</b> nicht freistehende Gebäude $OKF \leq 7\text{ m}$ $\leq 2$ Nutzungseinheiten $\Sigma NE \leq 400\text{ m}^2$ 	<b>GK 3</b> sonstige Gebäude mit einer Höhe $OKF \leq 7\text{ m}$ 	<b>GK 4</b> $OKF \leq 13\text{ m}$ Nutzungseinheiten mit jeweils $\leq 400\text{ m}^2$ 	<b>GK 5</b> sonstige Gebäude mit Ausnahme von Sonderbauten $OKF \leq 22\text{ m}$ 
<b>GK 1b</b> freistehende Gebäude land- und forstwirtschaftlich genutzt 	GK = Gebäudeklasse      OKF = Oberkante Fußboden			
<b>Feuerwehreinsatz mit Steckleiter möglich</b>			<b>Feuerwehreinsatz mit Drehleiter nötig</b>	
Höhe im Sinne des Satzes 1 ist das Maß der Fußbodenoberkante des höchstgelegenen Geschosses, in dem ein Aufenthaltsraum möglich ist, über der Geländeoberfläche im Mittel.				
<b>Gebäudeklassen nach Musterbauordnung 2002, § 2(3)</b> § 2(2) Gebäude sind selbstständig benutzbare, überdeckte bauliche Anlagen, die von Menschen betreten werden können und geeignet oder bestimmt sind, dem Schutz von Menschen, Tieren oder Sachen zu dienen.				

Abbildung 19: Gebäudeklassen nach MBO<sup>87</sup>

<sup>87</sup> LKG – Ingenieurbüro für Bautechnik, <http://www.elkage.de>, abgerufen am 02.09.2012.

## Anhang 2: Größen und Einheiten im Strahlenschutz

Die Energieform Strahlung breitet sich als elektromagnetische Welle oder als Teilchenstrom in Raum und Materie aus. Ist die Strahlung so stark, dass radioaktive Atomkerne zerfallen, spricht man ionisierender Strahlung.

Arten ionisierender Strahlung	
Strahlungsart	Faktor
Alphastrahlung	Teilchenstrahlung in Form von Kernen des Elements Helium (Alphateilchen)
Betastrahlung	Elementarteilchenstrahlung in Form von Elektronen (Betateilchen)
Gammastrahlung (Röntgenstrahlung)	Elektromagnetische Wellenstrahlung (Photonenstrahlung)
Neutronenstrahlung	Neutronen sind elektrisch neutrale Elementarteilchen, sie entstehen bei der Kernspaltung

Die **Dosis** gibt an, wie viel Strahlung auf den Menschen wirkt. Wenn Energie von einem Joule auf Materie der Masse 1 kg durch ionisierende Strahlung übertragen wird, entsteht eine Dosis von einem Joule pro Kilogramm. Dabei handelt es sich, um die **Energiedosis**, welche durch die Einheit Gray (Gy) gekennzeichnet wird:

$$1 \text{ Gy} = 1 \text{ J/kg}$$

Jede Strahlungsart verursacht im Körpergewebe bei gleicher Energiedosis eine unterschiedlich starke Wirkung. Mit der **Äquivalentdosis** ist es möglich die Energiedosis mit Hilfe von Qualitätsfaktoren präziser zu bestimmen. Die Äquivalentdosis wird in Sievert (Sv) angegeben und man erhält sie durch die Multiplikation der Energiedosis mit dem Qualitätsfaktor:

$$1 \text{ Sv} \triangleq 1 \text{ Gy} \times \text{Qualitätsfaktor}$$

Die Qualitätsfaktoren sind in der Strahlenschutzverordnung dokumentiert:

Qualitätsfaktoren	
Strahlungsart	Faktor
Röntgen- und Gammastrahlung	1
Betastrahlung	1
Alphastrahlung	20
Neutronen nicht bekannter Energie	10

Die *Effektivdosis* bewertet das Risiko möglicher Strahlenauswirkungen nach erfolgter Strahlenexposition bei einzelnen Organen oder des gesamten Körpers und wird ebenfalls in Sievert (Sv) angegeben:

#### **Ganzkörperdosis x 1**

Die *Organdosis* ergibt sich aus der Multiplikation der Effektivdosis und Gewebe-Wichtungsfaktoren (GWF), gemäß Strahlenschutzverordnung:

#### **Effektivdosis x GWF**

Die Gewebe-Wichtungsfaktoren laut Strahlenschutzverordnung:

Gewebe-Wichtungsfaktoren	
Organe und Gewebe	Faktor
Keimdrüsen	0,25
Brust	0,15
rotes Knochenmark	0,12
Lunge	0,12
Schilddrüse	0,03
Knochenoberfläche	0,03
Andere Organe und Gewebe	0,06

### Anhang 3: Organisation des Strahlenschutzes im Universitätsklinikum Dresden

